8

EIN

BEITRAG ZUR KENNTNISS

DES

NORMALEN

ZAHNBEIN- UND KNOCHENGEWEBES

VON

Dr. **E. NEUMANN**

IN KÖNIGSBERG IN PR.

LEIPZIG.

VERLAG VON F. C. W. VOGEL.

1863.

INHALT.

Seite

Erster Abschnitt. Zahnscheiden und Zahnfasern . . . 1

Historischer Rückblick.

Eigne Resultate.

I. Die Wand der Zahnkanäle 5

II. Der Inhalt der Zahnkanäle 15

III. Die Bedeutung der Wand 26

Zweiter Abschnitt. Knochenkapseln und Knochenzellen . 29

Historischer Rückblick.

Eigene Resultate.

I. Die Wand der Knochenhöhlen 39

II. Der Inhalt der Knochenhöhlen 47

III. Die Bedeutung der Wand 55

Schlussbemerkung.

Digitized by the Internet Archive
in 2015

https://archive.org/details/b22269599

ERSTER ABSCHNITT.

Zahnscheiden und Zahnfasern.

Bis vor Kurzem galt es unter den Histologen als eine ausgemachte Sache, dass die in der verkalkten Zahnbeinsubstanz befindlichen, in radialer Anordnung von der im Centrum gelegenen Zahnhöhle gegen die Zahnoberfläche ausstrahlenden Zahnkanäle, die Analoga der Knochenhöhlen und Knochenkanäle, während des Lebens nur eine von körperlichen Gebilden freie, der Ernährung des Zahnbeins dienende, klare Flüssigkeit zum Inhalte haben, dass sie, wie man sich weniger genau ausdrückte, leer seien. Eben so hatte man sich darüber geeinigt, dass die Zahnkanäle eigne, von der Grundsubstanz verschiedene, aber mit ihr gemeinschaftlich verkalkte Wandungen besässen. Die Gründe, auf die letztere Ansicht sich stützte, mögen ihrer Beziehung zu den spätern Auseinandersetzungen wegen hier in Kürze angeführt sein.

Drei Thatsachen waren es, die man zum Beweise heranzog: 1. eine optisch-physikalische Verschiedenheit der die Zahnkanälchen zunächst begrenzenden Schicht gegenüber der zwischen ihnen gelegenen Grundsubstanz; 2. die Möglichkeit einer mechanischen Isolirung der Zahnkanälchen; 3. die Möglichkeit ihrer Isolirung mit Hülfe ehemischer, die Grundsubstanz zerstörender Reagentien.

Schon Purkinje[1]) und Retzius[2]), denen wir die ersten

[1]) Purkinje in der unter seiner Leitung gearbeiteten Dissertation von Fränkel, De penitiori dentium humanorum structura. Vratislaviae 1835.

[2]) Retzius, Bemerkungen über den innern Bau der Zähne, in Müller's Archiv 1837.

gründlichen Untersuchungen des Zahnbeins verdanken, glaubten an Zahnschliffen, welche die Zahnröhrchen im Querschnitt zeigen, die hier sichtbaren, ziemlich dicken, etwas dunkeln und gelblichen Ringe um die Lumina der Röhrchen für den Ausdruck einer letzteren eigenthümlichen Wandung halten zu müssen. Der Irrthum, dass die Zahnröhrenwandungen eine diesen Ringen entsprechende Dicke besitzen, wurde zwar von Henle[1]) und Kölliker[2]) widerlegt, indem letzterer die erwähnten Ringe dadurch erklärte, „dass man an den nie ganz feinen Schliffen die Kanälchen immer in einer gewissen Länge sieht, was bei ihrem gebogenen Verlauf den Wandungen eine viel grössere Dicke giebt, als sie wirklich besitzen," doch meinte auch Kölliker sowohl an Quer- als an Längsschnitten eine eigne, die Röhrchen begrenzende Wandung bei genauer Einstellung des Focus in Form eines ganz schmalen gelblichen Saumes wahrnehmen zu können.

Dass die Zahnröhrchen mit ihren Wandungen mechanisch theilweise isolirbar seien, gab zuerst J. Müller an, es gelang ihm die Isolirung durch Zerreissen von Zahnknorpelschnitten. Henle[3]) bestätigte dies und fügte hinzu, dass auch am Rande von Bruchstücken des Zahnbeins öfters Röhrenfragmente hervorragen; seiner Beschreibung nach sind an nicht entkalkten Zahnbeinpräparaten die vorstehenden Röhrchen „weiss, glänzend und steif", an Zahnknorpelschnitten „dunkler, feingeschlängelt oder gebogen, wie dünne Fasern des elastischen Gewebes."

Eine Methode zur Isolirung der Zahnröhrchen auf chemischem Wege wurde später von Kölliker[4]) angegeben. Macerirt man nämlich Zahnknorpel in concentrirten Mineralsäuren oder kaustischen Alkalien, so zerfliesst die Grundsubstanz und es bleiben nur geschlängelte Fasern von anscheinend theils solider theils röhrenförmiger Beschaffenheit zurück. Dass diese Fasern den Zahnkanälchen entsprechen, sieht man nach Kölliker deutlich, wenn man zu einer Zeit

---

[1]) Henle, Allgemeine Anatomie, 1841. p. 855.
[2]) Kölliker, Mikroskop. Anatomie II. 2. p. 60.
[3]) Henle, l. c.
[4]) Kölliker, l. c. p. 61.

untersucht, wo die Auflösung der Grundsubstanz noch keine vollständige ist und die Fasern daher noch in situ sich befinden. Später fand Hoppe[1]), dass durch Kochen des Zahnknorpels im Papin'schen Digestor bei 3 Atmosphären Druck ebenfalls eine Auflösung der Grundsubstanz des Zahnbeines und eine Isolirung der Zahnröhren zu Stande kommt.

Die durch diese Beobachtungen gewonnene Anschauung von dem Baue des Zahnbeines schien endlich durch Lent's[2]) Untersuchungen über die Entwicklung desselben aus den an der Oberfläche der Pulpa gelegenen Elfenbeinzellen zur Gewissheit erhoben zu werden. Derselbe kam zu dem Resultate, dass die Membranen der von diesen Zellen peripherisch aus wachsenden (schon früher von Kölliker[3]) beschriebenen) Fortsätze zu den Wandungen der Zahnröhrchen würden, während die Zahnbeingrundsubstanz zwischen denselben ausgeschieden würde.

Die so gewissermassen zum Abschluss gebrachte Lehre hat nun aber in neuerer Zeit durch die Angaben eines englischen Forschers einen Stoss erlitten. Tomes[4]) nämlich, Surgeon-Dentist am Middlesexhospital in London, veranlasst durch seine praktischen Erfahrungen über die Sensibilität des Zahnbeins, unterwarf dasselbe einer erneuten Prüfung und fand, ganz abweichend von der bisherigen Annahme, den Inhalt der Zahnröhrchen nicht durch eine Flüssigkeit, sondern vielmehr durch weiche, durchsichtige Fasern gebildet, die er, wenn auch nicht geradezu als Nervenfasern, so doch als in naher Beziehung zu den Nerven der Pulpa stehend betrachtete. Tomes konnte diese Zahnfibrillen einerseits eine Strecke weit in die Pulpa, andererseits an Stellen, wo die Zahnröhren in den Schmelz hineindringen, in diesen gleichfalls hinein verfolgen. Was die Existenz einer eigenen Wandung der

---

[1]) Hoppe, über die Gewebeelemente der Knorpel, Knochen und Zähne, in Virchow's Archiv. V. p. 186.

[2]) Lent, über die Entwicklung des Zahnbeins und Schmelzes. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. VI. p. 121. 1855.

[3]) Kölliker l. c. p. 98.

[4]) Tomes, on the presence of fibrils of soft tissue in the dentinal tubes. Philosophical Transactions 1856. p. 515, sowie in seinem „System der Zahnheilkunde" übers. von Nedden 1861. p. 263.

Zahnröhrchen betrifft, so schreibt Tomes denselben allerdings eine solche kurzweg zu, ohne sich jedoch darüber auszusprechen, ob das, was Müller und Henle mechanisch, Kölliker auf chemischem Wege aus dem Zahnbein isolirten, wirklich der Wandung oder etwa den von ihm als Inhalt der Röhrchen beschriebenen Fibrillen entspräche. Die von Kölliker und Lent gesehenen Fortsätze der Dentinzellen scheint er für identisch mit seinen Fibrillen der Zahnröhrchen zu halten.

Erst kürzlich sind diese Tomes'schen Aufstellungen, nachdem sie bis dahin, wie es scheint, wenig Beachtung gefunden (woran wohl die gewiss etwas überraschende Deutung der Fibrillen als nervöse Gebilde Theil hatte) von Seiten Lionel Beale's und Kölliker's der Hauptsache nach bestätigt worden.

Beale[1]) findet gleichfalls die Zahnkanälchen von soliden Weichgebilden eingenommen, die er als aus der von ihm als „Keimsubstanz" bezeichneten Masse bestehend betrachtet und mit ovalen, an der Peripherie der Pulpa befindlichen „Keimsubstanzmassen" continuirlich zusammenhängen lässt, d. h. wenn wir Beale's eigenthümliche Terminologie in die gebräuchliche Ausdrucksweise übertragen, nach ihm liegen an der Oberfläche der Pulpa ovale Zellen, welche solide Fortsätze in die Zahnkanälchen hineinschicken, die somit durch dieselben ausgefüllt werden. Dass die Zahnkanälchen eine eigene Wand besitzen, scheint auch von Beale festgehalten zu werden, er berührt jedoch, ebenso wie Tomes, die Frage, ob dieselbe sich isoliren lässt, nicht.

In letzterer Beziehung abweichend ist Kölliker's[2]) neuerdings ausgesprochene Ansicht. Auch er statuirt jetzt als Inhalt der Zahnröhrchen weiche Fasern, die er als die dauernd sich als solche erhaltenden Fortsätze der Dentinzellen auffasst und einfach als „Zahnfasern" bezeichnet, er leugnet

---

[1]) Beale, die Structur der einfachen Gewebe des menschlichen Körpers, übersetzt von V. Carus. 1862. S. 140.

[2]) Kölliker, neue Untersuchungen über die Entwicklung des Bindegewebes, Würzburger naturwissenschaftliche Zeitschrift II. p. 165, sowie Handbuch der Gewebelehre. 4. Aufl. p. 398.

jedoch die Existenz einer eignen isolirbaren Wandung der Zahnröhren, die er vielmehr für „einfache Lücken in der Grundsubstanz“ erklärt, indem er den Anschein von Wandungen um die Lumina der Kanälchen auf Schliffen für eine optische Täuschung hält, und die durch Säuren und Alkalien aus dem Zahnbein isolirbaren faserartigen Gebilde eben als jene Inhaltsfasern der Zahnröhren, aber nicht mehr, wie früher, als die isolirten, verkalkten Wandungen derselben gelten lassen will. — In Bezug auf Tomes' Ansicht von der nervösen Natur der weichen Fasern im Zahnbein äussert sich Beale nicht, Kölliker nennt sie zwar sehr auffallend, will sie jedoch nicht geradezu verwerfen, und erinnert an die zahlreichen in neuerer Zeit gemachten Erfahrungen über den Zusammenhang zelliger Gebilde mit Nervenenden.

Es versteht sich übrigens von selbst, dass die genannten drei Autoren, ihren veränderten Anschauungen vom Baue des ausgebildeten Zahnbeins gemäss, nunmehr auch die Entwicklung desselben in einer von der von Lent gegebenen Darstellung etwas abweichenden Weise erfolgen lassen müssen.

Nach dieser kurzen historischen Darlegung des jetzigen Standpunktes der Lehre vom Baue des Zahnbeins gehe ich über zur Darstellung dessen, was mich meine eignen Beobachtungen gelehrt haben. Dieselben beziehen sich, wie ich im Voraus bemerke, überall, wo nicht das Gegentheil ausdrücklich bemerkt ist, nur auf menschliche Zähne und kann ich daher nicht behaupten, so sehr wahrscheinlich es mir ist, dass die Verhältnisse bei den Zähnen der Säugethiere ganz im Allgemeinen dieselben sind. Ich werde meine Resultate in einige kurze Sätze zusammenfassen, die ich im Folgenden der Reihe nach zu begründen versuchen will.

I.

Die Zahnröhrchen besitzen eigne, isolirbare, mit der Zwischensubstanz des Zahnbeins gemeinsam verkalkte Wandungen.

Wie aus der obigen Darstellung hervorgeht, pflichte ich mit diesem Satze einer früher allgemein gangbaren, von

Kölliker wesentlich mit begründeten Lehre bei, widerspreche jedoch der von Kölliker neuerdings gewonnenen ganz entgegengesetzten Anschauung, wonach die Zahnröhrchen nichts weiter als einfache, wandungslose Lücken der Grundsubstanz sind; ich befinde mich also in der eigenthümlichen Lage, die frühere Ansicht des genannten Forschers gegenüber seiner jetzigen vertheidigen zu müssen.

Prüfen wir die früher angegebenen Gründe, auf welche die Annahme der Existenz eigner Wandungen der Zahnröhren beruht, so lässt sich allerdings nicht leugnen, dass sie nicht als völlig beweisend betrachtet werden können. Was zunächst den vermeintlichen optischen Ausdruck der Zahnröhrenwandungen betrifft, so ist darauf gewiss nur ein sehr geringer Werth zu legen, da eine optische Täuschung hier wohl schwer auszuschliessen ist, so dass die Begrenzungen der Lumina der Zahnröhren den Anschein einer eignen Wandung selbst in dem Falle, dass eine solche in der Wirklichkeit nicht existirte, hervorbringen würden. Von grösserem Belange ist jedenfalls die behauptete Isolirbarkeit der Röhren auf mechanischem oder chemischem Wege, dennoch konnten die betreffenden Beobachtungen auch nur so lange als unzweideutig gelten, als man der Ansicht war, dass die Röhren selbst leer seien; seitdem dies jedoch durch die Tomes'schen Angaben mindestens zweifelhaft geworden, musste die Frage entstehen, ob die vermeintlichen isolirten Zahnröhrenwände nicht vielmehr die von Tomes beschriebenen im Innern der Zahnröhren enthaltenen Fibrillen seien, die nach Auflösung der Grundsubstanz zurückbleiben. Kölliker spricht sich nun in der That, wie wir oben sahen, in diesem Sinne aus, ohne jedoch seine Gründe näher anzugeben; ich glaube mich dagegen mit hinreichender Sicherheit davon überzeugt zu haben, dass die als isolirte Zahnröhrenwandungen beschriebenen Gebilde wirklich als solche zu betrachten sind und nicht etwa dem Tomes'schen Fibrillen entsprechen.

Um dies zu erweisen, bedurfte es jedoch neuer Untersuchungen. Dieselben waren zunächst auf die Isolirung durch chemische Auflösung der Grundsubstanz gerichtet. Da ich von einer directen Verfolgung des Auflösungsprocesses unter dem Mikroskop jedenfalls keinen sichern Aufschluss über den frag-

lichen Punkt erwarten konnte, so schlug ich den gewiss sehr einfachen und, wie mir scheint, durchaus zuverlässigen Weg ein, dass ich das zu untersuchende Zahnbein zunächst Bedingungen unterwarf, von denen sich annehmen liess, dass sie die Vernichtung aller im Innern der Zahnröhrchen vorhandenen Weichgebilde herbeiführen und nur die verkalkte Zahnbeinsubstanz zurücklassen mussten. Liessen sich hiernach noch jene den Zahnkanälchen entsprechenden faserartigen Bildungen isoliren, so war der Schluss gerechtfertigt, dass sie der verkalkten Zahnsubstanz angehörten, und es würde dann ferner zu fragen sein, ob dieselben den verkalkten Zahnröhrenwänden oder etwa andern Theilen der verkalkten Zahnbeinsubstanz entsprechen.

In ersterer Beziehung hat sich mir nun stets ein positives Resultat ergeben. Als das natürlichste und einfachste Mittel alle in der Zahnbeinsubstanz befindlichen Weichtheile zu vernichten, benutzte ich vorzugsweise die faulige Maceration der Zähne und ausserdem das Kochen derselben in kaustischer Alkalilauge oder concentrirten Mineralsäuren. Die Controlle darüber, ob der beabsichtigte Effect als erreicht betrachtet werden konnte, liess sich zunächst durch die Beobachtung der den Zähnen anhaftenden sichtbaren Weichtheile (Periost und Pulpa) führen; da nämlich vorausgesetzt werden darf, dass die Resistenz dieser gegen die eingeschlagene Behandlungsweise keine geringere ist als die der in den Zahnröhren selbst enthaltenen Weichgebilde, so konnte die vollständige Zerstörung beider als gleichzeitig erfolgend angenommen werden. Die Controlle liess sich aber ferner noch ergänzen durch Untersuchungen, die direct die Prüfung des Zahnröhreninhalts an den auf solche Weise behandelten Zähnen im Auge hatten.

Ich untersuchte zunächst die Zähne alter menschlicher Skelette, denn schon von der bei der Skeletirung gebräuchlichen Maceration und der dadurch bewirkten Fäulniss der Weichtheile liess sich eine Zerstörung etwa vorhandener weicher Gebilde in den Zahnröhren mit einiger Sicherheit erwarten, wie daraus hervorgeht, dass sowohl die centrale Zahnhöhle als die Aussenfläche der Wurzeln in der Regel völlig frei von allen angetrockneten Ueberresten von Weichtheilen angetroffen werden. Das Resultat war, dass, wenn ich auf

solche Zähne nach vorgängiger Entkalkung concentrirte Säuren (ich bediente mich beiläufig mit gleichem Erfolge der Salz-, Salpeter- und Schwefelsäure und weiss keiner derselben den Vorzug zu geben) oder kaustisches Kali oder Natron einwirken liess, die den Zahnkanälchen entsprechenden faser- oder röhrenartigen Gebilde mit derselben Constanz zum Vorschein kamen, wie bei der Untersuchung frischer Zähne. Ich habe dieses Ergebniss ganz ebenso an den Zähnen verschiedener Thiere (Rind, Pferd, Esel, Seehund, Kaninchen, Feldmaus) erhalten und glaube daher, dass es allgemeine Gültigkeit hat. Der einzige bemerkbare Unterschied, der sich zwischen den aus solchen Zähnen dargestellten Fasern und den bei Behandlung frischer Zähne mit Säuren darstellbaren zeigt, besteht darin, dass jene meistens des letztern zukommenden Glanzes und der scharflinigen, dunkeln Contouren entbehren, vielmehr matter und blasser erscheinen, eine Abweichung, die sich wohl füglich darauf beziehen lässt, dass die Maceration, der die Zähne bei der Skeletirung unterworfen wurden, selbst die organische Grundlage der verkalkten Zahnbeinsubstanz nicht ganz verschont hatte. Immerhin war hiermit bereits ein Factum gewonnen, welches mit der Annahme, die isolirten Fasern seien als weiche Gebilde der Zahnröhre vorhanden, schlecht zusammenstimmte.

Ich konnte mich jedoch nicht darauf verlassen, dass die von mir geprüften Zähne, die ich den Skeletten entnahm, einer hinreichend energischen, fäulnissbefördernden Behandlung unterzogen worden. Ich unternahm daher selbst eine Maceration frischer Zähne, ich liess dieselben Monate lang, mit Wasser übergossen, und in Verbindung mit andern faulenden Substanzen im geheizten Zimmer hinter dem Ofen stehen, das Gefäss verbreitete mit der Zeit bei der Oeffnung einen unerträglichen Gestank, alle die Aussenfläche der Zähne bedeckenden Theile zerfielen, so dass dieselben völlig blank erschienen, ebenso verschwand die Zahnpulpa spurlos und selbst hier war die Darstellung der fraglichen Fasern aus den Zähnen durch Säuren oder Alkalien möglich. Wie ist das zu erklären? Sollten dieselben wirklich weiche Gebilde innerhalb der Zahnröhren sein und etwa eine so abnorme, alle sonstigen organischen Weichtheile so weit übertreffende Widerstandskraft gegen

die Fäulniss haben? Man bedenke, dass das mit faulenden Stoffen geschwängerte Wasser in die Zahnröhrchen eindringen und die in denselben befindlichen Weichtheile allseitig durchtränken musste. Mir scheint, schon hier bleibt kein anderer Ausweg, als anzunehmen, dass die dargestellten Fasern eben nicht den Weichtheilen angehören, sondern Theile der verkalkten Zahnbeinsubstanz sein müssen.

Es kam ferner darauf an, zu prüfen, wie weit die Widerstandsfähigkeit der isolirbaren Gebilde gegen chemische Reagentien sich erstreckt. Ich wählte, wie gesagt, die als die mächtigsten Feinde organischer Substanzen bekannten kaustischen Alkalien, kochte in denselben frische Zähne theils im Ganzen, theils, um eine noch ergiebigere Einwirkung zu erzielen, in kleinern Fragmenten einige Minuten lang und, nachdem so eine gründliche Zerstörung der Weichtheile mit grösster Wahrscheinlichkeit präsumirt werden durfte, entkalkte ich die Zähne in gewöhnlicher Weise und liess dann auf Zahnknorpelschnittchen Mineralsäuren oder kaustische Alkalien unter dem Mikroskop einwirken. Auch hier zeigte sich, dass die isolirbaren Fasern nicht zerstört worden, sondern in unverkennbarer Weise hervortraten. Dasselbe war der Fall, wenn ich, statt in Kalilauge, die Zähne zuerst kurze Zeit in concentrirter Salzsäure kochte. Doch die Unzerstörbarkeit der Fasern geht noch weiter und erstreckt sich auch auf die combinirte Einwirkung der vorher einzeln geprüften Einflüsse. Es gelang mir, dieselben sowohl aus Zähnen, die zuerst lange Zeit der fauligen Maceration unterworfen und dann mit Kalilauge oder Salzsäure gekocht, als aus solchen, die nach einander zuerst macerirt, dann mit Kalilauge, dann schliesslich mit Salzsäure gekocht worden, zu isoliren.

Welche chemische Beschaffenheit soll man hiernach den isolirten Fasern zuschreiben, falls dieselben als weiche Gebilde in den Zahnröhren existirten? Ist es nicht vollends unmöglich, dieselben als Fortsätze zarter, an der Peripherie der Pulpa gelegener Zellen gelten zu lassen? Ihre Identificirung mit den Tomes'schen Fibrillen, wie Kölliker will, erscheint daher gewiss im höchsten Grade bedenklich. Kölliker[1])

[1]) Kölliker, Handbuch d. Gewebelehre. 4. Aufl. p. 66.

selbst giebt gegenwärtig, nachdem er die Ansicht von der Entstehung der elastischen Fasern aus Zellen verlassen hat, an, dass die Bindesubstanzzellen, zu welchen wir doch die Tomes'schen Fibrillen am wahrscheinlichsten werden zählen müssen, durch kaustische Alkalien in der Wärme immer und ohne Ausnahme zerstört werden und nie auch nur von Ferne die Widerstandsfähigkeit elastischer Fasern besitzen. Nun kann man sich überdies überzeugen, dass an den der beschriebenen Behandlungsweise unterworfenen Zähnen es nie gelingt, die Tomes'schen Fibrillen auf irgend eine andere Weise zu erkennen, wie es bei frischen Zähnen der Fall ist, dass also an ihrer wirklichen Zerstörung kein Zweifel sein kann. Somit halte ich mich für berechtigt zu der bestimmten Behauptung, dass die durch chemische Auflösung des Zahnbeins isolirbaren faser- oder röhrenartigen Gebilde Theile der verkalkten Zahnbeinsubstanz und nicht, wie Kölliker neuerdings behauptet, Weichtheile innerhalb der Zahnröhren sind.

Eine andere Frage ist allerdings die: welchen Theilen der verkalkten Zahnbeinsubstanz entsprechen die isolirbaren Gebilde? Sind es, wie man früher allgemein annahm und wie es fast selbstverständlich erscheint, die die Zahnröhren zunächst begrenzenden Schichten der verkalkten Grundsubstanz, also die sogenannten Zahnröhrenwandungen, oder haben dieselben etwa eine andere Bedeutung?

Wir müssen uns hier über einen Punkt entscheiden, über den ich bisher als zweifelhaft hinweggegangen bin, nämlich darüber, ob die bei Auflösung des Zahnbeins zurückbleibenden Gebilde als hohle Röhren oder als solide Fasern zu betrachten sind? Zeigt es sich, dass Ersteres der Fall ist, so ist damit natürlich die Deutung derselben als Zahnröhrenwände entschieden. Nun kann aber, wie schon Kölliker in seiner mikroskopischen Anatomie[1]) angab, an der röhrenförmigen Beschaffenheit der meisten dieser Fasergebilde, so weit man aus dem blossen Anssehen zu schliessen berechtigt ist, kein Zweifel sein. Namentlich an den der Pulpahöhle zugewandten, etwas breitern Abschnitten derselben tritt das deutlich hervor und noch frappanter, als bei menschlichen

[1]) II. 2. p. 61.

Zähnen, ist der Anblick bei den mit verhältnissmässig sehr weiten Zahnkanälchen ausgestatteten Zähnen der Pferde, wie Kölliker's Abbildungen am angeführten Orte zeigen. Um jedoch jede mögliche Täuschung auszuschliessen, bemühte ich mich direct unter dem Mikroskop den Process der Auflösung des Zahnbeins und des Sichtbarwerdens der fraglichen Gebilde zu beobachten. — Bis auf einen gewissen Punkt ist das leicht, darüber hinaus, wie ich finde, schwierig. Ich benutzte zu diesen Versuchen feine, die Zahnkanälchen theils quer, theils der Länge nach darstellende Schnittchen von Zahnknorpel, der durch Extraction frischer Zähne mit verdünnter Salzsäure dargestellt war, zu welchen Schnitten ich unter dem Mikroskop Salpetersäure (von 25 %) hinzufügte. Sehr leicht kann man sich hier nun von der Thatsache überzeugen, dass jede Faser einem Zahnkanälchen entspricht. An Querschnitten sieht man nämlich, dass mit der Zeit während die Grundsubstanz sich löst, im Innern der kreisförmigen Lücken der Grundsubstanz, welche die Lumina der Zahnkanälchen darstellen, ein dunkel contourirter, glänzender Punkt oder eine kleine Scheibe, offenbar der Durchschnitt einer isolirbaren Faser, auftritt. Ebenso erkennt man an Längsschnitten, dass die hier auftretenden faserartigen Bildungen ihrer Stelle nach den Zahnkanälchen entsprechen. Schwieriger gelingt es nun aber, mit Deutlichkeit zu erkennen, dass diese Fasern wirklich aus den die Zahnkanälchen zunächst begrenzenden Schichten der Grundsubstanz hervorgehen, d. h. also die allmählige Ablösung dieser von der übrigen sich lösenden Zwischensubstanz zu verfolgen. Dennoch habe ich auch in dieser Beziehung öfters, namentlich an Querschnitten der Kanälchen, überzeugende Bilder zu Gesicht bekommen. Zunächst sieht man, wie unter der Einwirkung der Salpetersäure die bläuliche homogene Zahnknorpelsubstanz blasser wird, so dass sowohl die äussern Umrisse des Präparats als auch die anfänglich scharf gezeichneten kreisförmigen Begrenzungslinien der Zahnkanälchen undeutlicher werden und verschwommen erscheinen; gleichzeitig damit findet ein Aufquellen des Knorpels statt, in Folge dessen die Lumina der Zahnkanälchen etwas kleiner, enger werden, wodurch die Beobachtung noch mehr erschwert wird. Nach einer Zeit von 6 bis 12 Stunden nun,

je nach dem reichlichern oder spärlichern Zusatz der Säure, glückt es bisweilen, das Präparat in einem Stadium zu treffen, wo die Lumina der Kanälchen durch einen feinen, hellglänzenden, ringförmigen Saum eingefasst erscheinen, während die Auflösung der übrigen Zahnknorpelmasse bereits fast vollständig beendet ist. Bei weiterer Einwirkung der Säure erst sieht man dann diese ringförmigen Säume das oben erwähnte Ansehen kleiner glänzender Punkte oder Scheiben annehmen, indem vielleicht, wenn sie von der Zwischensubstanz ganz befreit sind, vermöge einer ihrer Substanz innewohnenden Elasticität ein Zusammenschnurren derselben gegen das Centrum hin stattfindet.

An feinen Längsschnitten habe ich mich bisher vergeblich bemüht, die allmählige Entstehung der sich isolirenden Gebilde aus einem die Kanälchen begrenzenden Saume mit derselben Evidenz wahrzunehmen. Ich glaube jedoch einige Male an solchen Längsschnitten bestimmt erkannt zu haben, dass an den Zahnkanälchen nicht die ganze Circumferenz der Wand als Röhre sich ablöste, sondern vielmehr nur ein Theil derselben, während der andere sich mit der übrigen Substanz löste, so dass, anstatt geschlossener Röhren, offene Halbrinnen oder selbst einfache Streifen, die einseitig dem Lumen der Kanälchen anlagen, zurückzubleiben schienen. Ich stütze diese Angabe auf Folgendes: Liess ich unter dem Mikroskop die Säure auf feine Längsdurchschnitte, in welchen die Kanälchen natürlich als schmale, von zwei parallelen Linien eingefasste Spalten in der Zahnbeinsubstanz erscheinen, einwirken, so sah ich mehrmals deutlich, dass allmählig an der Spalte ein feiner glänzender Saum auftrat, der jedoch nur einseitig blieb, während die gegenüberliegende Begrenzungslinie der Spalte immer undeutlicher wurde und schliesslich sich dem Blicke ganz entzog; in einigen Fällen ferner setzte dieser Saum auf der einen Seite allmählig ab und wurde von hier ab im weitern Verlauf des Kanälchens auf der gegenüberliegenden Seite der Spalte sichtbar, was sich wohl daraus erklären möchte, dass der der Auflösung widerstehende Theil der Zahnbeinsubstanz, als welcher ohne Zweifel die bei noch nicht vollendeter Wirkung der Säure auftretenden beschriebenen Säume zu betrachten sind, unter Umständen

einen spiralig um das Lumen der Kanälchen gewundenen Streifen darstellt, der also natürlich auf Längsdurchschnitten bald auf der einen, bald auf der andern Seite der Spalte, die das Zahnkanälchen repräsentirt, auftreten muss.

Diese Beobachtungen über eine nur partielle Widerstandsfähigkeit der die Zahnkanälchen zunächst umschliessenden Zahnbeinsubstanz dürften insofern einiges Interesse haben, als wir erstens später ganz dieselbe Erscheinung bei den Knochen wiederfinden werden, wo ebenfalls ausnahmsweise nur ein Theil der Knochenhöhlenwand der Auflösung durch die Säure widersteht und als zweitens durch dieselben ein Uebergang zu den Fällen gebildet wird, wo mit der übrigen Zahnbeinsubstanz auch die die Kanälchen begrenzende Schicht derselben sich vollständig löst, wo also gar keine eigenen Zahnröhrenwände vorhanden sind. Ich finde Letzteres namentlich häufig an den peripherischen, dem Cement zugewandten Abschnitten der Wurzelkanälchen, die sich durch ihre grosse Feinheit auszeichnen und wohl auch öfters ganz obliteriren.

Als Regel muss ich immerhin gelten lassen, dass sich durch chemische Auflösung des Zahnbeins die röhrenförmigen Wandungen der Kanälchen isoliren, wie es eben früher auch allgemein angenommen wurde. Ebenso muss ich aber ferner die früher geltende Ansicht, dass durch mechanisches Zerzupfen des Zahnbeinknorpels eine, wenn auch beschränkte Isolirung eigner Zahnröhrenwände möglich ist, für durchaus richtig halten. Es tritt uns hier allerdings derselbe Zweifel entgegen, den wir oben zu beseitigen hatten, nämlich es fragt sich wieder, ob die an solchen zerzupften Zahnknorpelpräparaten vorstehenden Fasern oder Röhren als Zahnröhrenwände oder als Tomes'sche Fibrillen zu deuten sind? Kölliker, obwohl er sich nicht speciell darüber ausspricht, muss natürlich consequenter Weise, da er die Zahnröhrenwandungen ganz leugnet, letzterer Ansicht sein. Ich will nun keineswegs bestreiten und habe mich vielmehr selbst davon überzeugt, dass die Tomes'schen Fibrillen auch auf dieselbe Weise sich darstellen lassen, indem sie aus dem Innern der sie einschliessenden Zahnkanälchen auf grössere oder kleinere Strecken herausgerissen werden; ich glaube daher auch gerne, dass frühere Beobachter öfters irrthümlich die Tomes'schen

Fibrillen für Zahnröhrenwände hielten; aber ich muss auch entschieden mich dahin aussprechen, dass meistens das, was man auf diese Weise zu sehen bekommt, die Zahnröhrenwände selbst sind. Als Beweis für diese Behauptung mache ich zunächst die Verschiedenheit im Aussehen der fraglichen Gebilde von dem der Tomes'schen Fibrillen geltend. Sie haben dunkle, glänzende, scharfe Contouren und sind, wenn auch nicht völlig starr, so doch ziemlich steif; sind sie abgerissen, so sieht man sie daher ganz gerade vorstehen und nur an den länger vorstehenden Röhren treten leichte Krümmungen und Biegungen auf; die Tomes'schen Fibrillen werden wir dagegen später als sehr blasse, äusserst biegsame Gebilde beschreiben. Ferner ist es mir gelungen an Zähnen, die durch energische Maceration der Weichtheile beraubt waren und dann entkalkt wurden (unter Verhältnissen also, die eine Verwechslung mit den Tomes'schen Fibrillen ausschliessen), gleichfalls aus feinen Schnitten des so gewonnenen Zahnknorpels, wenn sie mit Nadeln in mehrere Stücke auseinandergerissen wurden, die vorstehenden Fasern zu sehen, allerdings nicht so constant und in so grosser Zahl als bei frischen Zähnen, was sich wahrscheinlich daraus erklärt, dass die Röhrenwände selbst durch die Maceration angegriffen und namentlich der ihnen in frischem Zustande zukommenden Elasticität beraubt waren. Drittens endlich überzeugte ich mich, dass, wenn zu solchen Zahnknorpelpräparaten mit vorstehenden Fasern concentrirte Säuren hinzugesetzt wurden, diese als die directen Fortsetzungen der in Folge der Auflösung des Zahnknorpels hervortretenden Zahnröhrenwandungen, die wir als solche oben erwiesen haben, erschienen, so dass es unmöglich war, eine Grenze zwischen beiden ihrem Aussehen nach wahrzunehmen, wie es der Fall sein müsste, wenn eben nicht die Zahnröhrenwände selbst, sondern die in ihnen enthaltenen weichen Fibrillen aus dem Zahnknorpel hervorgeragt hätten.

Blicken wir nun schliesslich nochmals auf das bisher Erörterte zurück, so ergiebt sich somit als Resultat der erste Satz, den wir oben ausgesprochen haben: die Zahnkanälchen sind nicht einfache Lücken in der verkalkten Zahnbeinsubstanz, sondern sie sind der Regel nach wenigstens von einer gegen die Zwischen-

substanz deutlich differenzirten, mit derselben jedoch gemeinsam verkalkten Wand umschlossen. Die Differenzirung dieser Wand beruht 1) auf einer grössern chemischen Resistenz, 2) auf einer grössern Elasticität und 3) auf einer lockern Cohäsion mit der Zwischensubstanz. Die beiden letztern Eigenschaften der Zahnröhrenwände nämlich ergeben sich mit Nothwendigkeit aus der Möglichkeit einer mechanischen Isolirung in der obenerwähnten Weise. Dieselbe würde weder zu Stande kommen können, wenn bei gleicher Elasticität der Zahnröhrenwände und der Zwischensubstanz eine feste Aneinanderheftung beider stattfände, noch wenn die Verbindung zwar eine lockere, die Elasticität aber eine gleiche wäre, noch endlich, wenn umgekehrt eine feste Verbindung bei ungleicher Elasticität vorhanden wäre. In Betreff der Verbindungsweise möchte ich noch hinzufügen, dass dieselbe entweder als eine ursprünglich lockere oder als eine durch verdünnte Säuren, wie sie zum Entkalken des Knorpels hinreichen, leicht zu lockernde zu betrachten ist. Nach Henle's oben citirter Angabe, dass er öfters auch an nicht entkalkten Zahnbeinpräparaten die Röhrchen vorstehend fand, scheint Ersteres der Fall zu sein.

Was die optische Differenzirung der Zahnröhrenwände gegen die Zwischensubstanz betrifft, so habe ich mich von ihr nicht mit Sicherheit überzeugen können. Auf die Bedeutung der Zahnröhrenwände werde ich später eingehen.

II.

In den Zahnröhrchen sind faserartige, unverkalkte Fortsätze der peripherischen Pulpazellen enthalten (Zahnfasern).

Ich wende mich jetzt zur Betrachtung des Inhalts der Zahnkanälchen. Ehe ich noch auf Tomes' Abhandlung aufmerksam geworden war, bin ich, ausgehend von Beobachtungen, die ich an cariösen Zähnen machte[1]), ganz selbständig be-

[1]) Vergl. Königsberger Medicin. Jahrbücher. 1862. Band III. p. 387.

reits vor längerer Zeit zu der Ueberzeugung gelangt, dass die alte traditionelle Lehre, dass die Zahnkanälchen nur ernährende Flüssigkeit führen, eine irrige ist. Um diesen Ausspruch durch die von mir gemachten Beobachtungen zu begründen, gehe ich von der Betrachtung der Verhältnisse des Zahnbeins in der Entwicklung begriffener Zähne aus.

Durch Kölliker's und Lent's obenerwähnte Angaben ist es ausser Zweifel gestellt, dass in den Zähnen neugeborner Kinder (und ebenso bei Thieren nach der Geburt) die an der Oberfläche der Pulpa gelegenen Dentinzellen fadenförmige Fortsätze in die Zahnkanälchen hinein senden. Wenn man die Zahnkuppe von der Pulpa abhebt, so bleibt ein Theil dieser mit langen Fortsätzen versehenen Zellen an jener, ein Theil an dieser sitzen und man kann sich dann leicht an beiden Orten von ihrem Vorhandensein überzeugen. In situ erblickt man sie an entkalkten Präparaten auf feinen durch Zahnbein und Pulpa geführten Durchschnitten. Eine Verkalkung dieser Fortsätze und eine Verschmelzung mit der verkalkten Zahnbeingrundsubstanz könnte hier jedenfalls erst in geringem Grade Platz gegriffen haben, da dieselben sich eben in grosser Zahl und ansehnlicher Länge auch ohne Anwendung von Säuren aus der verkalkten Zahnbeinsubstanz hervorziehen lassen. Eine offene Frage bleibt es dagegen, ob man bei den Zellen und ihren Fortsätzen eine wirkliche umhüllende Membran statuiren darf oder nicht; der Anschein spricht allerdings dafür, wie z. B. ein Blick auf die sehr treuen Abbildungen Lent's [1]) zeigt; die in neuerer Zeit zwischen Mikroskopikern ersten Ranges gepflogenen Discussionen über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Membranen bei gewissen Zellen haben jedoch genügend gezeigt, wie schwierig es ist, zu einer sichern Entscheidung über diesen Punkt zu gelangen. Ich gehe daher darüber um so lieber weg, als die weiteren Erörterungen unter diesem Zweifel nicht erheblich leiden. Nur eins muss hervorgehoben werden: mögen die Zellen und ihre Fortsätze Membranen haben oder nicht,

[1]) Lent, l. c. Tab. V. Fig. 3.

jedenfalls laufen die Zellen in toto in die Fortsätze aus, so dass entweder beide einer Membran entbehren, oder beide eine solche besitzen. Dies geht daraus hervor, dass die Contouren der Zellen und ihre Fortsätze gleichmässig fortlaufen, ohne irgend eine Unterbrechung zu zeigen, die auf das Aufhören jener Membran zu beziehen wäre.

Betrachten wir diese Verhältnisse insoweit als hinlänglich constatirt, so scheinen für das spätere Schicksal der Zellenfortsätze bei der weitern Entwicklung des Zahnbeins drei Möglichkeiten vorzuliegen. 1) Die Membranen der Zellenfortsätze, falls solche vorhanden sind, verschmelzen mit der Grundsubstanz, verkalken gleichfalls, wie diese und werden so zu den Zahnröhrenwandungen, deren Existenz bei den Zähnen Erwachsener wir oben erwiesen haben. Der Inhalt der Zahnröhre wäre dann Zelleninhalt und zwar entweder eine Flüssigkeit oder vielleicht auch ein weiches Protoplasma in Gestalt einer Faser. Oder 2) sie gehen allmählig durch einen Rückbildungsprocess zu Grunde. In diesem Falle würden die Zahnröhrchen in späterer Zeit als nur von Flüssigkeit erfüllte Röhren erscheinen. Oder endlich 3) die Zellenfortsätze erhalten sich permanent als Weichgebilde im Lumen der Zahnröhren. Der embryonale Zustand bliebe also auch im erwachsenen Alter bestehen. In beiden letztern Fällen liessen sich die Zahnröhrenwände nicht direct von den Elfenbeinzellen ableiten.

Die erste, von Lent aufgestellte Ansicht lässt sich nun, ganz abgesehen von allen Beobachtungen bei ausgewachsenen Zähnen, durch die von mir gefundene, von frühern Beobachtern nicht erwähnte Thatsache zurückweisen, dass bereits die Zähne Neugeborner isolirbare verkalkte Zahnröhrenwandungen besitzen. In Verbindung mit dem oben hervorgehobenen Umstande nämlich, dass die Membranen der Zellen, falls solche existiren, auch an den Fortsätzen vorhanden sind, müssen wir hieraus schliessen, dass hier die Membranen der weichen Zellenfortsätze und die verkalkten Zahnröhrenwandungen nebeneinander gleichzeitig bestehen würden; dass also letztere nicht aus ersteren hervorgehen können.

Auf jene Thatsache wurde ich zuerst durch folgende Beobachtung hingeführt: ich liess auf den Durchschnitt eines mit verdünnter Salzsäure entkalkten Zahnes von Neugeborenen, der die Pulpa mit dem aufsitzenden Zahnbein darstellte und an dem man deutlich die Verlängerungen der Elfenbeinzellen in den Zahnkanälchen sehen konnte, unter dem Mikroskop concentrirte Salpetersäure einwirken, das Zahnbein löste sich allmählig und es blieben von ihm nur der Pulpa (die der Einwirkung der Säure gleichfalls widersteht) aufsitzende, mit den Elfenbeinzellen offenbar in Verbindung stehende Fasern zurück, die durch ihren starken Glanz und ihre dunkeln Contouren weniger den Zellenfortsätzen, als den isolirten Zahnröhrenwandungen verwachsener Zähne glichen. Ihre Deutung als solche musste aber zweifelhaft bleiben, weil es möglicher Weise dennoch die in ihrem Aussehen durch die Säure veränderten Zellenfortsätze sein konnten. Eine sichere Entscheidung darüber war durch eine genaue Verfolgung des Auflösungsprocesses nicht zu erlangen. Ich schlug daher später denselben Weg ein, der mir zum Nachweis der Zahnröhrenwände bei erwachsenen Zähnen gedient hatte. Um jede Möglichkeit einer Verwechslung zu eliminiren, zerstörte ich die Weichtheile solcher unreifer Zähne durch längere Zeit fortgesetzte faulige Maceration und setzte dieselben überdies noch in einigen Fällen der Einwirkung kochender kaustischer Alkalien oder Mineralsäuren auf ganz kurze Zeit aus. Dann erst wurden die Zähne mit concentrirten Säuren bis zu völliger Auflösung behandelt. Da ich nun bei Befolgung dieser Methode, ebenso wie bei Zähnen Erwachsener, die Anwesenheit verkalkter Zahnröhrenwandungen constatiren konnte, so schien der Schluss gerechtfertigt, dass dieselben bereits vorhanden sind, zu einer Zeit, wo im Innern der Röhren noch die Zellenfortsätze enthalten sind, dass sie also mit diesen nicht indentificirt werden dürfen. Es liesse sich aber gegen diesen Schluss noch einwenden, dass an den untersuchten Zähnen vielleicht ein Theil der Fortsätze in weichem Zustande in den Zahnröhren enthalten, ein anderer Theil in die verkalkten Zahnröhrenwände umgewandelt sein konnte, oder dass etwa nur die peripherischen, der äussern Zahnoberfläche zugewandten Abschnitte der Fortsätze diese Umwandlung erlitten hätten.

während an den centralen Abschnitten derselben dies nicht der Fall gewesen sei. Ich begnügte mich daher nicht mit dem allgemeinen Nachweis der isolirbaren verkalkten Röhrenwände, sondern bemühte mich auch, mich zu überzeugen, dass diese an denselben Röhren und denselben Abschnitten der Röhren vorhanden sind, an welchen die weichen Zellenfortsätze im Innern nachgewiesen werden konnten, dass hier also ein wirkliches simultanes Nebeneinanderbestehen beider vorkommt. Wären jene Einwendungen richtig, so müsste in dem auf obenbeschriebene Weise behandelten Zähnen nur ein Theil der Zahnröhrchen isolirbare Wände liefern oder es müssten dieselben nur im peripherischen Verlaufe des Röhrchens auftreten, nun habe ich aber bestimmt gesehen, dass nicht nur jedes Zahnröhrchen ganz constant bei der Auflösung des Zahnbeins sich isoliren lässt, sondern dass die Isolirung auch im ganzen Verlaufe desselben von dem Centrum bis zur Peripherie gelingt. Schon dadurch werden die Einwände widerlegt. Noch entscheidender ist aber folgende Beobachtung, welche das Nebeneinanderbestehen der Fortsätze und der Röhrenwände in directester Weise vor Augen führt, während dasselbe aus dem eben Angeführten nur indirect erschlossen werden kann.

Von den durch verdünnte Salzsäure entkalkten frischen Zähnen eines Neugebornen machte ich einen mikroskopischen Durchschnitt, welcher die Zahnpulpa mit dem aufsitzenden Zahnbein darstellte; ich hob dann vorsichtig mit einer Nadel die Zahnbeinkappe ein wenig vom Zahnbein ab; in Folge davon sieht man die fadenförmigen Fortsätze der Dentinzellen wie die Saiten eines Instrumentes, in dichter, paralleler Aneinanderlagerung sich zwischen Pulpa und Zahnbein ausspannen und man kann deutlich die Fortsätze in das Innere der Zahnröhre verfolgen. Nun wurde unter dem Mikroskop concentrirte Salpetersäure hinzugefügt, das Zahnbein löste sich und es blieben die Zahnröhrenwände in Verbindung mit den Zellenfortsätzen, welche sie gleichsam in sich aufzunehmen schienen, zurück, die Grenze zwischen beiden war durch die grössere Breite und den stärkern Glanz der Zahnröhrenwand bezeichnet, das peripherische Ende der Zellenfortsätze im Innern der sie umschliessenden Zahnröhrenwände entzog sich dem Blicke,

während diese sich in einer der Dicke des aufgelösten Zahnbeins entsprechenden Ausdehnung erstreckten. —

Nachdem ich so die Unhaltbarkeit der ersten von den oben aufgestellten drei verschiedenen Annahmen in Betreff der Schicksale der Zellenfortsätze dargethan zu haben glaube, kann es sich nur noch um die Frage handeln, ob dieselben als solche im Innern der Röhren persistiren oder nicht? Ich will hier nur anführen, was ich zur Bestätigung der Angaben von Tomes, der diese Frage zuerst in bejahendem Sinne beantwortete (freilich, ohne den Zusammenhang der Fortsätze mit den Zellen selbst erkannt zu haben, indem er vielmehr die Endigungsweise seiner in den Zahnröhren enthaltenen „soft fibrils“ in der Pulpa unbestimmt lässt), beobachtet habe.

Zerquetscht man einen gesunden frischen Zahn im Schraubstock und hebt alsdann die Pulpa aus ihrer Höhle hervor, so kann man, ebenso wie bei in der Entwicklung begriffenen Zähnen, sowohl von der Oberfläche der Pulpa als von der Innenfläche des Zahnbeins die fraglichen Zellen mit langen blassen Fortsätzen mit Leichtigkeit auffinden. Die Form der Zellkörper ist, wie früher, eine länglich ovale, der gleichfalls ovale Kern befindet sich an dem einen Ende, während das andere sich in den allmählig sich verschmälernden, meist leicht geschlängelten, sehr blassen Fortsatz auszieht. Die Länge der Fortsätze ist natürlich, je nachdem dieselben mehr oder weniger weit aus den Zahnröhren hervorgezogen werden, sehr verschieden, doch sieht man nicht selten Fortsätze, die 4 bis 5mal so lang sind als die Zellkörper. Einen zweiten Kern habe ich nie in ihnen gefunden, ebensowenig Abschnürungen des Zellkörpers oder der Fortsätze, wie Lent sie an embryonalen Zähnen beschreibt und abbildet, Formen, die offenbar mit dem Wachsthum des Zahnbeins in Verbindung stehen. Dass diese Fortsätze nun, wie schon von vorn herein kaum zu bezweifeln, sich wirklich in die Zahnkanälchen hineinerstrecken, davon überzeugt man sich, wenn man von einer Kante der Zahnhöhle ein kleines Fragment abschneidet: man sieht dann die Fortsätze der anhaftenden Zellen deutlich innerhalb der Kanälchen und bemerkt zugleich, dass die innersten Theile des Zahnbeins in knorpeligem unverkalktem Zustande

sich befinden, indem die Verkalkung erst in einiger Entfernung von der Höhle beginnt, wie sich dadurch kund giebt, dass erst hier das Zahnbein starken Glanz und Brüchigkeit annimmt, während die centralen Abschnitte derselben blass und schneidbar sind. Ich kann hier also die Darstellung, wie sie Beale gegeben hat, vollständig bestätigen, nur in einem Punkte möchte ich mich nicht so entschieden aussprechen, als dieser Autor, der nämlich seiner bekannten Theorie gemäss auch an den fraglichen Zellen und ihren Fortsätzen das Vorhandensein einer Membran leugnet und vielmehr nur von „ovalen Keimsubstanzmassen" und „Verlängerung derselben in die Zahnkanälchen" spricht. Ich bin bei diesen Zellen ebenso wenig als bei embryonalen Zähnen im Stande, etwas Bestimmtes für oder gegen die Existenz einer Membran an derselben vorzubringen, ich kann nur sagen, dass das Aussehen der scharfen, wenn auch sehr feinen Contouren, mich eher geneigt macht, die Frage in bejahendem Sinne zu beantworten. Auch Tomes sahen dieselben öfters wie wirkliche Röhren aus, wenn er auch gleichfalls die Möglichkeit zugiebt, dass dieses blos ein optischer Effect sei. Den Austritt kleiner dickflüssiger Tröpfchen aus ihrem Innern an abgerissenen Enden, den Tomes erwähnt, habe ich nicht beobachtet, doch würde diese Beobachtung mehr als alles Andere geeignet sein, die Fortsätze als von einer Hülle umgeben betrachten zu lassen. Wir müssen aber auch hier einen Accent darauf legen, dass kein Zweifel daran sein kann, dass die Zellen sich in toto in die Fortsätze ausziehen, d. h. also, falls jenen wirklich eine eigentliche umhüllende Membran zukommen sollte, dies auch bei den Fortsätzen der Fall sein muss; wir können niemals eine Grenze auffinden, wo etwa ein von einer Membran umkleideter Zellenkörper aufhört und der membranlose Fortsatz anfängt; dadurch wird der möglicher Weise aufzustellenden Ansicht, dass die aus reifen Zähnen darstellbaren verkalkten Zahnröhrenwandungen etwa aus einer Verschmelzung der ursprünglichen von den Zellenfortsätzen unabhängigen Wandungen und der Membran dieser Fortsätze selbst hervorgehen, begegnet.

Nachdem wir so erkannt haben, dass von den an der Oberfläche der Pulpa gelegenen Zellen aus Fortsätze in die

Zahnkanälchen sich erstrecken, müssen wir weiter fragen, ob sie die ganze Länge der Kanälchen oder nur die centralen Abschnitte derselben erfüllen? Diese Untersuchung ist entschieden delicater, ich glaube jedoch auch darin Tomes beistimmen zu müssen, dass wirklich Ersteres der Fall ist, wenn ich mich auch nicht davon überzeugt habe, dass, wie Tomes angiebt, die Fasern sogar bis in den Schmelz hinein zu verfolgen sind, an Stellen nämlich, wo die Röhrchen in Spalten des Schmelzes sich fortsetzen. Ich suchte die Fasern theils an frischen nicht entkalkten Zähnen, theils an solchen, die ihrer Kalksalze beraubt waren, aufzufinden. Von ersteren nahm ich, wie Tomes empfiehlt, entweder feine Zahnschliffe, die durch einen senkrecht auf den Verlauf des Röhrchens gerichteten Schnitt entzwei getrennt wurden, oder Fragmente, die einfach von einer Bruchfläche mit einem scharfen Messer abgetragen waren. Es gelang mir auf diese Weise jedoch nur höchst ausnahmsweise deutlich die an den Rändern aus dem Zahnbein hervorstehende Faser zu sehen, während nach Tomes dies in der Regel geschehen soll.

Ebenso kam ich zu keinem befriedigenden Resultat, als ich nach Tomes Vorschrift aus entkalkten Zahnknorpelschnitten die Fasern aus den Röhrchen freizumachen suchte. Von zahlreichen Präparaten, die ich in der Weise anfertigte, dass feine Zahnknorpelschnitte in einer Richtung quer auf den Verlauf der Röhren mit einer Nadel zerrissen wurden, waren nur einige wenige insoweit geglückt, dass aus vereinzelten Zahnröhrchen ein kurzes Faserende hervorhing, das als Inhaltsfaser oder Zellenfortsatz gedeutet werden musste, während ich dagegen ganz gewöhnlich bei dieser Behandlungsweise eine mechanische Isolirung der durch ihre Steifheit und dunkeln, dicken Contouren kenntlichen Zahnröhrenwände erreichte, wie ich bereits oben erörtert habe. Nach der Beschreibung und den Abbildungen, die Tomes an seinen Fibrillen giebt, lässt sich die Vermuthung, dass derselbe etwa eine Verwechslung mit den Zahnröhrenwänden begangen hat, wohl entschieden zurückweisen. Ich glaube jedoch, darauf aufmerksam machen zu müssen, dass, nachdem ich die wirkliche Existenz von Zahnröhrenwänden und die Möglichkeit

ihrer mechanischen Isolirung an Zahnknorpelschnitten durch eine erneute Prüfung erhärtet habe, bei den auf diese Weise dargestellten Präparaten die grösste Vorsicht der Deutung der an den Rändern vorstehenden Fasern nöthig ist.

Ich muss dagegen nach meinen Beobachtungen behaupten, dass, was weder Tomes noch Beale erwähnen, bei einiger Aufmerksamkeit es ohne weitere Präparation nicht schwierig ist, die weichen Fasern im Innern der Zahnröhre bis in die peripherischen Theile des Zahnbeins hinein an Zahnknorpelschnitten in situ zu erkennen. Ich habe mich auf diesem einfachsten Wege zuerst von dem Vorhandensein eines soliden Inhalts der Zahnröhren überzeugt und wurde erst hierdurch darauf geführt, den Versuch zu machen, denselben in der oben dargestellten Weise an den Zahnröhrchen isolirt darzustellen. Wenn ein Zahn mit Hülfe verdünnter Salzsäure entkalkt wird, so dass der Zahnknorpel in einem festen, wenig biegsamen Zustande zurückbleibt, und man macht nun feine Schnitte an demselben, so sieht man nämlich auf Querdurchschnitten der Zahnkanälchen kleine, entweder ziemlich matte oder auch leicht glänzende Pünktchen im Centrum oder mehr an der Peripherie der den durchschnittenen Röhrchen entsprechenden kreisförmigen Lücken der Zahnknorpelsubstanz und ferner an Längsdurchschnitten der Kanälchen einen zarten Faden im Innern der den Zahnkanälchen entsprechenden langen Spalten. Die deutlichsten Anschauungen von diesen Verhältnissen gewinnt man nun allerdings von den die Pulpa begrenzenden Zahnbeinparthien der Zahnkrone, dass jedoch auch die die äussere Oberfläche bildenden Parthieen des Zahnbeins dasselbe Bild geben, dafür besitze ich in einigen Präparaten, welche die Zahnkanälchen der Cuspides von Backzähnen im Querschnitt darstellen, Beweise. Sehr zweifelhaft und unsicher sind dagegen die Ansichten, welche Zahnwurzelpräparate liefern, und ich möchte glauben, dass, wenn hier überhaupt eine Persistenz der Fasern stattfindet, dieselben doch jedenfalls nur in einem sehr rudimentären Zustande im erwachsenen Alter sich vorfinden. Nicht alle Zähne sind zu dieser Untersuchung gleich geeignet und ich stimme namentlich Beale darin bei, dass in höherm Alter gleichzeitig mit der Verengerung der Zahnröhren, die von der Peripherie nach dem

Centrum vorschreitet, eine Verkümmerung der weichen Inhaltsfaser erfolgt, die wohl auch mit einem völligen Zugrundegehen derselben endigen kann, indem die Zahnröhrchen obliteriren.

Dass die beschriebenen Gebilde an Zahnknorpelschnitten wirklich den Zellenfortsätzen angehören, unterliegt für mich keinem Zweifel. Einige Einwendungen, die dagegen erhoben werden könnten und durch welche sich frühere Beobachter vielleicht haben bestimmen lassen, keinen Werth auf dieselben zu legen und die Röhrchen vielmehr einfach als leer zu bezeichnen, will ich in Kurzem erwähnen. Ich weise vor Allem die Möglichkeit eines blos optischen Effects durch Lichtbrechung, an die man bei der Feinheit des Objects denken könnte, zurück, ich habe mich zu entschieden von der Körperlichkeit der gesehenen Punkte, resp. Fäden überzeugt, namentlich am Rande von Präparaten, wo die Lumina der Röhrchen nicht abgeschlossen sind. Ebenso ferner wird die Annahme, dass das Gesehene etwa Gerinnungsproducten, die sich aus dem flüssigen Inhalt der Röhrchen gebildet hätten, entspräche, durch die sehr distincte Form der Objecte widerlegt. Mehr Schwierigkeiten macht es, sich zu vergewissern, dass nicht eine andere Täuschungsquelle vorliegt, an die man jedenfalls denken müsste; ich meine eine Verwechslung mit der durch die zum Entkalken des Zahns angewandte Säure abgelösten Wand des Zahnröhrchens. Dass bei stärkerer Einwirkung der Säure mit zunehmender Auflösung der Zwischensubstanz eine solche Ablösung erfolgt, ist nach dem früher Erörterten eben so sicher, als dass die abgelösten Zahnröhrenwände sich in ganz ähnlicher Weise als Punkte auf Quer- oder als Fasern auf Längsschnitten der Röhrchen darstellen. Man kann aber nach meinen Erfahrungen eine solche Verwechslung mit Sicherheit vermeiden, wenn man die Behandlung mit der Säure eben nur so weit treibt, dass das Zahnbein den beschriebenen festknorpeligen Zustand annimmt. Zum Beweise hierfür kann ich Controlversuche anführen, die ich mit macerirten Zähnen anstellte, dieselben werden gleichfalls entkalkt und feine Schnitte von ihnen untersucht; die von mir als weiche Fibrillen gedeuteten Gebilde in den Zahnröhren fehlten hier in der That; entsprächen sie den abgelösten, wie

wir gesehen haben, durch das Maceriren nicht zerstörbaren Zahnröhrenwänden, so hätten sie hier eben so gut als bei Zahnknorpeln frischer Zähne bemerkbar sein müssen. Ich muss ferner auch hier wieder auf den starken Glanz und die dunkleren Contouren hinweisen, welche die isolirten Zahnröhrenwände im Gegensatz zu den Zahnröhrenfibrillen charakterisiren.

Schliesslich noch einige Worte über die Beschaffenheit der Fasern. Ich habe meine besondere Aufmerksamkeit darauf gelenkt, zu erforschen, ob sich in den weichen Fasern oder Zellenfortsätzen des Zahnbeins Kerne oder Rudimente derselben erkennen lassen, die etwa in gewissen Abständen im Verlaufe der Fasern eingeschaltet wären. So sehr Lent's Beobachtungen von in Theilung und Abschnürung begriffenen Dentinzellen für diese Möglichkeit zu sprechen scheinen und so sehr ich nach Beobachtungen an pathologischen Zähnen für dieselbe geneigt war, kann ich doch eben so wenig als Tomes oder Beale eine Beobachtung dafür anführen. Ich fand bei Längsschnitten, dass die Fasern während ihres ganzen Verlaufs sowohl dieselbe Breite als dasselbe Aussehen bewahren; die Querschnitte schienen allerdings in ihren Dimensionen etwas zu schwanken, was aber wohl nicht auf Varicositäten der Fasern als vielmehr auf die grössere oder geringere Feinheit des Durchschnitts zu beziehen war.

Eine andere Frage ist die: liegen die Fasern im Innern der Zahnröhrchen frei, von Flüssigkeit umspült, oder adhäriren sie der Wand der Röhrchen? Ich möchte mich in dieser Beziehung für letztere Alternative aussprechen, da, wenn wir Ersteres präsumiren, es schwer verständlich wäre, dass die Fasern, namentlich auf Querschnitten von Knorpel, nicht aus den Röhrchen bei der Präparation entschlüpfen und sich der Beobachtung entziehen. Dass die Faserquerschnitte oft ganz frei mitten im Centrum der Zahnröhrenlumina zu liegen scheinen, liesse sich aus einer Lockerung der Adhäsion und einer Dislocation aus der ursprünglich excentrischen Lage in eine centrale erklären. Die Annahme einer excentrischen Lage der Fasern und einer seitlichen Anheftung

dürfte demnach am besten mit der Beobachtung übereinstimmen.

Was Tomes' Ansicht von der sensibeln Beschaffenheit der Zahnröhrenfasern betrifft, so dürften sich gegen dieselbe wohl erhebliche Bedenken erheben lassen, so lange nicht der directe Nachweis einer Verbindung der Elfenbeinzellen (und damit auch ihrer Fortsätze) mit den Endausbreitungen der Pulpanerven geliefert ist. Die Beweise, die Tomes aus den Erscheinungen der Sensibilität des Zahnbeins im gesunden und kranken Zustande entnimmt, scheinen mir jedenfalls nicht als ganz unzweideutig betrachtet werden zu dürfen. Das Verhalten der Fasern bei der Zahncaries, wie ich es an einem andern Orte darzustellen beabsichtige, macht mir Tomes' Ansicht noch weniger wahrscheinlich.

III.

Die isolirbaren verkalkten Wandungen der Zahnröhren sind nicht die mit der Grundsubstanz verschmolzenen, verkalkten Membranen der in ihnen enthaltenen Zellenfortsätze, sondern verdichtete Theile der verkalkten Grundsubstanz selbst, Analoga der Kapselbildungen (Zahnscheiden).

Die Richtigkeit dieses dritten Satzes ergiebt sich aus Satz I. und II. fast unmittelbar und bedarf daher nur einer kurzen Begründung. Nachdem wir gesehen haben, dass die isolirbaren Zahnröhrenwandungen nicht als aus etwa vorhandenen Membranen der Fortsätze der Elfenbeinzellen durch Verschmelzung und Verkalkung mit der Grundsubstanz hervorgegangen betrachtet werden können, bleibt uns nichts Anderes übrig, als sie für Theile der Grundsubstanz selbst anzusehen, die sich nur durch die angegebenen Eigenschaften

von ihr unterscheiden und eine gewisse Selbständigkeit ihr gegenüber erlangt haben. Es ergiebt sich hieraus also eine schöne Analogie zwischen dem Zahnbeingewebe und dem Knorpelgewebe, welches ja ebenfalls eine solche differente Beschaffenheit des die Zellen zunächst begrenzenden Abscheidungsproductes darbietet. Der Zellenfortsatz innerhalb der Zahnröhre, für welchen der von Kölliker gewählte Ausdruck „Zahnfaser“ gewiss der einfachste und beste ist, entspricht dem Primordialschlauch der Knorpelzelle, die Zahnröhrenwand der Knorpelkapsel. Wenn ich daher die Entstehung der isolirbaren Zahnröhrenwände als eine Art Kapselbildung auffasse, so würde mir auch die Bezeichnung: „Zahnkapsel“ für dieselben am passendsten erscheinen, wenn es nicht der Sprachgebrauch mit sich brächte, sich unter einer Kapsel die Begrenzung einer abgerundeten, annähernd kugelförmigen Höhle vorzustellen und der Ausdruck daher, auf unsere langhingezogenen Röhren angewandt, nicht bezeichnend genug wäre; passender dürfte es daher sein, den Ausdruck: „Zahnscheiden“ zu wählen, in welchem sowohl der Begriff einer Umhüllung, der das Wesen unserer Gebilde ist, als der Hinweis auf die Form derselben enthalten ist.

Führen wir den Vergleich der Zahnröhrenwände mit den Knorpelkapseln weiter, so ergeben sich allerdings einige wesentliche Differenzen, die für unsere Anschauung von der Kapselbildung im Allgemeinen gewiss nicht ohne Interesse sind. —

1) Die Knorpelkapseln sind von der Knorpelzwischensubstanz durch ihr Aussehen deutlich geschieden, die Grenze zwischen beiden ist meistens ohne Weiteres sichtbar; die Zahnscheiden und die Zwischensubstanz des Zahnbeins gehen ohne sichtbare Grenze in einander über, ihre Verschiedenheit tritt erst auf dem Wege mechanischer Trennung oder chemischer Reaction hervor. Wir werden also hierdurch darauf hingewiesen, Kapselbildungen auch da zu suchen, wo dieselben nicht direct dem Auge sich darstellen.

2) Die Knorpelkapseln sind in sich abgeschlossen und schliessen die Knorpelzelle in ihrer Totalität ein, die Zahn-

scheiden sind gegen die innere Zahnbeinoberfläche hin offen und schliessen nur einen Theil der Zelle, ihren peripherischen Fortsatz ein. Wir haben hier also das Beispiel einer partiellen Kapselbildung, wie ein solches bisher nicht bekannt war. In gewisser Beziehung könnte man vielleicht als entfernte Analogie die partiellen, secundären Auflagerungen auf die freie Fläche der Darmepithelien (und die verwandten Cuticularbildungen bei niederen Thieren) heranziehen.

ZWEITER ABSCHNITT.

Knochen-Kapseln und Knochen-Zellen.

Bei der Untersuchung des Knochengewebes treten uns ganz dieselben Fragen entgegen, die wir beim Zahnbein, das man ja mit Recht nur als ein modificirtes Knochengewebe bezeichnet hat, zu beantworten versuchten. Freilich ist die Existenz der in den Knochenhöhlen gelegenen Knochenzellen, der Analoga der beschriebenen Zahnfasern, gegenwärtig von allen Forschern, mit wenigen Ausnahmen, allgemein anerkannt worden, seitdem Donders[1]) als der Erste dieselben gesehen hatte. Ihr Verhältniss zu den Knochenhöhlen und Knochenkanälchen wird dagegen noch immer von verschiedenen Histologen in verschiedenem Sinne aufgefasst. Dieser Mangel an Uebereinstimmung ist wieder hauptsächlich bedingt durch die verschiedene Deutung, welche man den Gebilden giebt, die sich durch Auflösung der Knochengrundsubstanz aus den Knochen isoliren lassen. Es schien mir daher eine erneute Prüfung dieser isolirbaren Gebilde um so wünschenswerther, als ich fand, dass man bisher denjenigen Weg, welchen ich nach meinen über die isolirbaren Zahnröhrchen bereits gemachten Erfahrungen für den erfolgreichsten zur Entscheidung der Frage halten zu müssen glaubte, noch im Ganzen wenig berücksichtigt hatte. Schon bei Arnold[2]) finden wir die Bemerkung, dass nach Behandlung von Knochen mit Salz-

[1]) Holländische Beiträge 1848. Bd. I.

[2]) Arnold, Handbuch der Anatomie des Menschen, I. p. 243. 1844.

säure die Knochenkörperchen hie und da als „isolirte Kapseln“ sichtbar werden. Sodann fand Virchow[1]), dem gewöhnlich die Priorität in dieser Angelegenheit zugeschrieben wird, im Jahre 1850 an einem pathologischen Präparat der Würzburger Sammlung (einer menschlichen Tibia mit geheiltem Bruche und schwammiger Auftreibung des untern Gelenkendes), das in trockenem Zustande aufbewahrt worden, dass durch Behandlung von Knochensplitterchen mit Salzsäure nach 4 bis 12 Stunden die mit deutlich nachweisbarer Höhlung versehenen sogenannten Knochenkörperchen und ihre ebenfalls hohlen Fortsätze vollkommen sich isoliren liessen, während die sie verbindende Substanz sich löste. Virchow schloss daher: „dass sowohl die Knochenkörperchen als die Knochenkanälchen eine von der Zwischensubstanz chemisch verschiedene Wand besitzen“. Gleichzeitig beschrieb Virchow ein Enchondrom, in welchem er alle Uebergänge von gewöhnlichem Knorpelgewebe mit rundlichen, in eine Kapsel eingeschlossenen Knorpelkörperchen zu einem bei vollständiger Cartilaginescenz knochenähnlichen Gewebe mit sternförmigen, anastomosirenden Körperchen ohne Kapsel beobachtete. Letztere Elemente waren den von ihm isolirten Knochenkörperchen so durchaus ähnlich, dass er an der Identität dieser Gebilde nicht zweifelte und sich daher dahin aussprach, dass auch die von ihm isolirten Knochenkörperchen, ebenso wie jene, wahrscheinlich vollständige in Fortsätze ausgewachsene Zellen darstellten

Im nächsten Jahre folgte eine weitere Mittheilung Virchow's[2]) über denselben Gegenstand, wonach es ihm nunmehr auch an beliebigen, gesunden Knochen dadurch, dass er dieselben in frischem, feuchtem Zustande direct oder nach vorhergegangenem kurzen Kochen in Wasser mit concentrirter Salzsäure behandelte, gelungen war, die Knochenhöhlen mit sammt den Knochenkanälchen isolirt darzustellen. Demnach nimmt Virchow im Allgemeinen an, dass die Knochenhöhlen verästelte Zellen enthalten, die mit ihren in die Kanälchen eindringenden hohlen Fortsätzen untereinander zusammenhängen und erklärt sich gegen Donders und Köl-

[1]) Würzburger Verhandlungen I. p. 193.
[2]) Würzburger Verhandlungen II. p. 150.

liker, von denen ersterer runde Zellen ohne Fortsätze, letzterer nur freie Kerne als Inhalt der Knochenhöhlen gefunden hatte. In Uebereinstimmung mit dieser Vorstellung von der Natur der durch Salzsäure isolirten Gebilde standen die negativen Resultate, die Virchow an trocknen macerirten Knochen, deren „organische, nicht verkalkte Theile", untergegangen waren, machte, die Salzsäurewirkung hatte hier „fast immer das Entstehen einer blassen, leicht streifigen, gleichmässigen Substanz, in welcher er keine besondern Körper wahrnehmen konnte", zur Folge.

In einem spätern Aufsatz wiederholt Virchow[1]) seine Angaben mit dem Zusatz, dass man an den isolirten Zellen durch Ammoniak sogar den Kern sichtbar machen könne, unter Anziehung von Hoppe's bestätigenden Resultaten und unter Zurückweisung von Bruch's und Henle's Einwendungen.

In kurzer Zeit wurden Virchow's Beobachtungen von verschiedenen andern Forschern bestätigt und seine darauf gebaute Annahme von sternförmigen, mit hohlen Auswüchsen fadenförmiger Art versehenen und anastomosirenden Zellen acceptirt.

Hoppe[2]) isolirte sowohl aus Hammelknochen als aus Hautknochen des Störs, nachdem dieselben durch verdünnte Salzsäure von den Salzen befreit waren, theils durch längere Zeit fortgesetztes Kochen im Sandbade, theils durch mehrstündiges Kochen im Papin'schen Digestor bei 3 bis 4 Atmosphären Druck die Knochenkörperchen und Kanälchen und kam daher ebenfalls zu dem Schluss, dass dieselben von einer eigenen nicht leimgebenden Membran ausgekleidet sind, die er für die Membran von Zellen erklärt.

Gerlach[3]) und Brandt[4]) wandten mit gleichem Erfolge, wie Virchow, die Salzsäure an.

---

[1]) Virchow, das normale Knochenwachsthum und die rhachitische Störung desselben. Archiv V. p. 446 und 460.

[2]) Hoppe in Virchow's Archiv V. p. 178, sowie in seiner Dissertatio „de cartilaginum structura". Berlin 1852.

[3]) Gerlach, Handbuch der Gewebelehre. 2. Aufl. p. 160.

[4]) Brandt, Disquisitiones de ossificationis processu. Dissert. Dorpat 1852.

Kölliker, der die von Virchow isolirten Knochenkörperchen selbst sah und dieselben auch aus dem Cemente der Pferdezähne darstellte, äusserte zwar anfänglich seine Bedenken gegen desselben Auffassung, indem er sowohl in seiner mikroskopischen Anatomie[1]) als in der ersten Auflage seines Handbuches der Gewebelehre[2]) den Inhalt der Knochenhöhlen einfach als aus einer zähen Flüssigkeit und einem Zellenkerne bestehend betrachtet und die isolirbaren Gebilde für die das Lacunensystem zunächst begrenzende, von den entferntern Theilen chemisch verschiedene, resistentere und von den Säuren minder leicht angreifbare jüngste Verdickungsschicht der ursprünglichen Knorpelzellmembranen erklärt, doch schon in der zweiten Auflage des letzterwähnten Buches[3]) ist er zu Virchow's Anschauung übergetreten, wie aus folgenden Worten hervorgeht: „Die Virchow'schen Knochenzellen sind demnach gleichzusetzen den Primordialschläuchen der Zellen des ossificirenden Knorpels und den Saftzellen der Periostablagerungen, während die Knochenhöhlen im letzteren Falle einfach Lücken in der Grundsubstanz darstellen, im ersten dagegen Lücken in den verdickten Kapseln oder secundären Zellmembranen der Knorpelzellen, welche Membranen verknöchert und mit der Zwischensubstanz verschmolzen sind."

Auch Foerster[4]) schliesst sich dem an, indem er in pathologisch neugebildetem Knochengewebe, das er in seiner Structur mit normalen Knochen übereinstimmend findet, sternförmige Zellen von eiweissartiger Beschaffenheit beschreibt; „dieselben haben einen Kern, hellen, farblosen Inhalt und eine zarte Membran, welche der Wandung der Höhle der Grundsubstanz, in welcher sie lagert, so eng anliegt, dass sie gewöhnlich nicht mit gesonderter Contour hervortritt; von der Zelle aus gehen nach allen Seiten hin faserartige Ausläufer, die sich in der Grundsubstanz vielfach verästeln und mit den Verästelungen anderer Zellen anastomosiren; diese Ausläufer sind nicht solid, sondern hohl und es ist somit die

---

[1]) Kölliker, Anatomie II. 1. p. 550.
[2]) p. 212.
[3]) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 2. Aufl. p. 227.
[4]) Foerster, Handbuch der patholog. Anatomie. 1855. I. p. 155.

Grundsubstanz durch ein System von Kanälchen durchbrochen, welche von den hohlen Ausläufern der Zellen ausgefüllt werden, deren Inhalt, gleich dem der Zellen, eine helle, farblose Flüssigkeit ist". Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass Foerster diese Beschreibung nach dem Resultat der Behandlung der Knochen mit Säuren entworfen hat und dass er also die durch dieselben aus den Knochen isolirbaren sternförmigen Gebilde für die eigentlichen Knochenzellen hält. Dieselbe Darstellung von der Knochenstructur findet sich wieder in der letzten Auflage von Foerster's Lehrbuch[1]) und ebenso theilt er in einer kurzen Notiz in Virchow's Archiv[2]) mit, dass es ihm mit Hülfe von Salpetersäure in besonders exquisiter Weise gelungen sei, die Knochenzellen mit ihren Ausläufern zu isoliren, „klar und zweifellos tritt hervor, dass das ganze System der feinsten Knochenkanälchen Ausläufer der Knochenzellen sind".

Lachmann[3]) beschrieb ein Enchondrom, in welchem stellenweise, ebenso wie in dem oben erwähnten Falle Virchow's, das Knorpelgewebe durch das Auftreten sternförmiger anastomosirender Zellen einen osteoiden Charakter gewonnen hatte, und glaubte daher eben solche Zellen auch in wirklichen Knochen annehmen zu müssen.

Frey[4]) bestätigt gleichfalls Virchow's Angabe, dass sich aus frischen Knochen „den früheren Knochenhöhlen gleich gebildete Zellen mit kürzern oder längern Ausläufern" isoliren lassen, er wandte zu dem Zweck theils einfach Salzsäure an, theils kochte er nachträglich in Wasser oder in Natronlauge.

H. Müller endlich scheint in Bezug auf die Deutung der aus den Knochen isolirbaren Knochenkörperchen und Kanälchen keinen ganz entschiedenen Standpunkt einzunehmen. In seinem Aufsatz: „über die Entwicklung der Knochensubstanz nebst Bemerkungen über den Bau der rhachitischen Knochen"

---

[1]) Foerster, Lehrb. d. patholog. Anatomie. 5. Aufl. p. 62.
[2]) Virchow's Archiv XVIII. p. 170.
[3]) Müller's Archiv 1857. p. 15.
[4]) Frey, Histologie und Histochemie. p. 316.

sagt er zwar[1]): „dass die strahligen Knochenkörperchen mit ihren Ausläufern Höhlen darstellen, in welchen sternförmige Zellen liegen, ist seit den bekannten Untersuchungen Virchow's nicht weiter zu bezweifeln", sowie[2]): „die Erfahrungen Virchow's an frischen Knochen beziehen sich hauptsächlich auf den Inhalt der Höhle (die eigentliche Zelle), nicht auf ihre Wände"; weiterhin finden wir jedoch folgenden Satz[3]): „an den Knochenkörperchen dürfte wohl der zunächst um die Höhle (resp. Zelle) gelegene Theil der Grundsubstanz welcher sich, wie Virchow und Kölliker gefunden haben, bisweilen durch chemische Einwirkung trennen lässt, als ein Analogon der Knorpelkapseln bezeichnet werden, das nicht jederzeit gleich entwickelt vorkommt[4])."

Müller's eigene Untersuchungen über die Entwicklung der Knochensubstanz im Knorpel aus osteogenem Gewebe ergaben ihm nur, dass „sternförmig auswachsende Zellen" in die sklerosirende Grundsubstanz eingeschlossen wurden; auch sah er deutlich Fortsätze der Zellen in die Kanälchen der Grundsubstanz sich erstrecken[5]), doch sagt er nicht, dass er dem ganzen System der Knochenkanälchen entsprechende Zellenfortsätze und Zellenanastomosen wahrgenommen habe.

Abweichend von den genannten Forschern, haben sich nun aber nicht wenige Stimmen erhoben, die sich mehr oder weniger entschieden gegen die Virchow'sche Anschauung aussprechen. Schon Bruch[6]) erkannte in der Isolirbarkeit

---

[1]) Zeitschrift für wissenschftl. Zoologie IX. p. 153.

[2]) ibid. p. 153. Anmerkung.

[3]) ibid. p. 164. Anmerkung.

[4]) Ich gestehe, dass mir diese Berufung Müller's auf Virchow und Kölliker insofern unverständlich ist, als wenigstens die Deutung, die er hier für einzelne Fälle der von diesen Forschern beobachteten Thatsache giebt, mit der Ansicht dieser, wie aus dem Obigen hervorgeht, nicht übereinstimmt. Beide halten eben ganz im Allgemeinen, insoweit ich sie recht verstehe, die isolirbaren Gebilde für die weichen Zellen selbst, nicht für die verkalkten Wände der Knochenhöhlen, Virchow, ohne der Existenz von Kapseln zu gedenken, Kölliker, unter ausdrücklichem Protest gegen dieselben.

[5]) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie IX. p. 166.

[6]) Denkschriften der Schweizer naturf. Gesellschaft 1852. Bd. XI., sowie Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie Bd. VI. p. 203.

der Knochenhöhlen und Kanälchen, die er vielmehr auf eine grössere Dichtigkeit der Knochensubstanz da, wo sie den ernährenden Säften am nächsten ist, bezog, keinen Beweis für die Zellennatur derselben an und konnte bei wachsenden Knochen als Inhalt der Knochenhöhlen nur einen rundlichen, ovalen oder eckigen Zellenkörper wahrnehmen, der sich zwar bisweilen in die Mündungen der Kanälchen fortzusetzen, in andern Fällen aber jedenfalls eine an den Kanälchen übergehende Contour zu zeigen schien.

Fürstenberg[1]) erklärte die von Virchow isolirten Zellen für die die Knochenhöhle zunächst begrenzende Schicht der knöchernen Grundsubstanz, die er als jüngste Verdickungsschicht der Membran der ursprünglichen Knorpelzelle, aus der die Knochenzelle hervorgegangen, betrachtet. Der Inhalt der Knochenkörperchen ist nach ihm eine blosse Flüssigkeit.

Aeby[2]), dessen Beobachtungen sich hauptsächlich auf die Ossificationsgrenze verknöchernder Knorpel, also auf jüngstgebildete Knochensubstanz beziehen, gelang es übereinstimmend mit Bruch durch Salz- oder Salpetersäure stets nur als wirklichen Inhalt der Knochenhöhlen rundliche oder länglich eckige Zellen zu isoliren, an denen sich nur kurze Ausläufer in den Kanälchen befanden, er giebt jedoch zu, dass diese Fortsätze hineinwachsen können, ja dass sie selbst denen benachbarter Zellen sich verbinden können. Eine Isolirung von Knochenkapseln im Umfang der Höhlen constatirte er nicht. —

Letzteres ist jedoch Rouget[3]) geglückt, der sich übrigens in Bezug auf die Beschaffenheit der eigentlichen Knochenzelle ebenso äussert, als Bruch und Aeby, nur dass er noch entschiedener wie diese Fortsetzungen der Zellen in die Kanälchen in Abrede stellt. Rouget behandelte frische oder trockene, nicht macerirte Knochen, nachdem sie vorläufig

[1]) Müller's Archiv 1857. p. 13.

[2]) Aeby, Zeitschrift für rationelle Medicin. 3. Reihe. Band IV. p. 51. 65.

[3]) Journal de la physiologie publié par Brown-Séquard. I. p. 768.

durch Salzsäure ihrer Kalksalze beraubt worden, mit Salpetersäure und erhielt dadurch die mit ramificirten Ausläufern isolirten Kapseln, in welchen die eigentliche Knochenzelle eingeschlossen war. Um die Kapsel zu zerstören und die Zelle frei zu machen, setzte er dann noch bei gelinder Erwärmung eine concentrirte Kali- oder Natronlösung hinzu.

Beneke[1]) erkennt den Knochenhöhlen und Kanälchen weder eine eigne Wandung zu, noch findet er im Innern derselben persistirende Zellen oder Kerne.

Robin[2]) scheint sogar vollständig die Existenz von Kernen oder Zellen in den Knochenhöhlen zu leugnen.

Henle ferner bekämpfte in seinem Jahresbericht von Anfang an mit Entschiedenheit die Virchow'sche Lehre. Während er anfänglich als Inhalt der Knochenhöhlen nur Kern und Zelleninhalt, ihre Begrenzung als eine unter Porenkanalbildung verdickte und verkalkte Knorpelzellenmembran gelten lassen wollte und die von Virchow isolirten Gebilde theils aus einer Gerinnung dieses Inhalts in Knochenhöhlen und Kanälchen theils aus einer relativ grössern Resistenz der zuletzt abgelagerten Verdickungsschicht der ursprünglichen Knorpelzellenmembran (also übereinstimmend mit Kölliker's anfänglicher Auffassung) erklärte, so gab er diese Ansicht später auf und sprach sich bereits im Jahresberichte für 1857[3]) dahin aus, dass die Knochenhöhlen vollständige Zellen, an denen er jedoch im isolirten Zustande stets nur einfache, zackenförmige Ausläufer, selbst bei der vorsichtigsten Behandlung, wahrnehmen konnte beherbergten, und dass sie sowohl als die Kanälchen von einer Kapsel umschlossen würden „im Sinne einer mehr oder minder selbständig darstellbaren Schicht der Grundsubstanz, die die Höhle, in welcher die Knochenzellen liegen, zunächst begrenzt". Im nächstfolgenden Jahresbericht[4]) präcisirt Henle diese Ansicht noch schärfer und fügt hinzu: „ob nun die Beobachter, welche Knochenkörper und Ausläufer isolirt zu haben behaupten, Knochen-

[1]) Archiv für physiolog. Heilkunde Bd. IV. p. 411.
[2]) Henle, Jahresbericht für 1857. p. 89.
[3]) Zeitschrift für rationelle Medicin, 3. Reihe. Bd. III. p. 91.
[4]) Ztschr. f. rat. Medicin, 3. Reihe. Bd. VI. p. 93.

kapseln mit Kanälchen oder Knochenzellen mit stummelförmigen, vielleicht auch zufällig weiter in die Kanälchen eingedrungenen Fortsätzen vor sich gehabt haben, darüber werden nur sie selbst uns Rechenschaft geben können". Im Berichte für 1859[1]) endlich erklärt er geradezu die von Foerster isolirten Gebilde für Knochenkapseln. — Dass es Henle selbst gelungen sei, seine Kapseln isolirt darzustellen, geht weder aus den genannten noch aus den späteren Berichten, in welchen letzten er übrigens an seinen Ansichten festzuhalten scheint, hervor.

Beale[2]) endlich beschreibt und bildet ab als Inhalt der Knochenhöhle eine „ovale Keimsubstanzmasse" (Zellkern und Protoplasma ohne Zellmembran), von der er mit Bestimmtheit leugnet, dass sie sich in die Kanälchen der Knochengrundsubstanz fortsetzt. Von einer Kaspel um die Höhlen und Kanälchen ist bei ihm gleichfalls nicht die Rede.

Dass allen diesen abweichenden Angaben gegenüber Virchow selbst an seiner früheren Anschauung festhält, geht sowohl aus einer in der dritten Auflage seiner Cellularpathologie enthaltenen Darstellung des fertigen Knochengewebes[3]) als aus der daselbst gegebenen Schilderung des Ossifications-Processes[4]) hervor, wo Virchow nirgends von Kapselbildungen im Umfange der Knochenhöhlen und Kanälchen, sondern nur stets von sternförmigen, anastomosirenden Zellen innerhalb der verkalkten Grundsubstanz spricht. Auch Kölliker ist bis in die neueste Zeit Virchow's Ansicht treu geblieben, wie folgende Citate zeigen, die ich mir zum Schluss anzuführen erlaube. In seinem Aufsatz: „Neue Untersuchungen über die Entwicklung der Bindesubstanz"[5]) sagt er: „ich halte daran fest, dass die Knochenhöhlen nur Lücken in der Grundsubstanz sind, die weiche, sternförmige Zellen enthalten", so wie gleich darauf: „ich will einer Bemerkung Henle's gegenüber bestimmt hervorheben, dass das,

[1]) Ztschr. f. rat. Medicin, 3. Reihe. Bd. IX. p. 77.

[2]) Beale, die Structur der einfachen Gewebe, übersetzt von Carus. 1862.

[3]) p. 79.

[4]) p. 395. 397. 399.

[5]) Würzburger naturwissenschaftliche Zeitschrift. II. p. 165.

was sich isolirt, nicht etwa Kapseln sind, die den verknöcherten Theilen des Knochens angehören, sondern die in den Lücken des Knochens enthaltenen sternförmigen Zellen selbst", ferner in der neuesten Auflage der Gewebelehre[1]): „wie Foerster, so stelle auch ich durch Salpetersäure (oder Salzsäure) und Glycerin die Zellen mit prachtvollen Ausläufern dar, an denen selbst die Kerne noch sichtbar sind. Die Virchow'schen Knochenzellen sind gleich zu setzen den Primordial-Schläuchen der Zellen des ossificirenden Knorpels und der Bindegewebskörperchen der innersten Knochen erzeugenden Periost-Schichten, während die Knochenhöhlen einfache Lücken in der verknöcherten Grundsubstanz darstellen".

Es ergiebt sich somit als Resultat, dass sowohl über die Beschaffenheit des zelligen Inhalts der Knochenhöhlen als über die Existenz eigener Wandungen derselben die Ansichten der Autoren zwiespaltig sind. Die Absicht der folgenden Beobachtungen war darauf gerichtet, die in Rede stehenden Fragen ihrer Lösung wenigstens um einen Schritt näher zu bringen. Ich werde meine Ansicht wieder, wie im ersten von dem Zahnbein handelnden Abschnitte, in einige kurze Sätze zusammenfassen, welche ich durch von mir beobachtete Thatsachen zu beweisen versuchen will. Diese Sätze lauten, wie man sofort sieht, ganz analog den oben aufgestellten[2]):

[1]) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 4. Aufl. 1862. p. 229.

[2]) Da ich mich auch hier wieder fast ausschliesslich auf die Untersuchung menschlicher Knochen beschränkte, so machen meine Resultate auch nur Anspruch, für diese gültig zu sein.

I.

Die Knochenhöhlen und Knochenkanäle besitzen eigene, isolirbare, mit der Knochengrundsubstanz gemeinsam verkalkte Wandungen.

Weder an Knochenschliffen noch an feinen Schnitten von entkalktem Knochenknorpel hat bis jetzt irgend ein Beobachter wahrgenommen, dass die Wände der Knochenhöhlen und Kanäle ein von der übrigen Knochensubstanz verschiedenes Aussehen darbieten; ebenso ist von der Möglichkeit einer mechanischen Isolirung derselben Nichts berichtet worden. Haben wir also überhaupt das Recht, von eignen Wänden der Knochenhöhlen zu sprechen, so kann dasselbe immer nur einzig auf den Nachweis einer chemischen Verschiedenheit derselben gegenüber der Zwischensubstanz begründet werden.

Es kann nun in der That keinem Zweifel unterliegen, dass in Folge einer chemischen Auflösung der Knochensubstanz durch Säuren, Alkalien oder durch fortgesetztes Kochen, Gebilde zurückbleiben, die durch ihre ganze Form und nach ihrem Zusammenhange untereinander das vollständig getreue Abbild der strahligen Knochenhöhle geben. Hier liegt die Deutung, dass die Wände der Höhlen isolirt werden, nahe und dieselbe wird nur dadurch zweifelhaft, dass die Möglichkeit vorliegt, dass die in den Knochenhöhlen gelegenen weichen Zellen selbst eine entsprechende sternförmige Gestalt besitzen und sie es sind, die nach Auflösung der verkalkten Knochensubstanz zurückbleiben. Betrachten wir die Angaben der oben citirten Autoren in dieser Hinsicht, so finden wir, wie die Einen für jene, die Andern für diese Ansicht sich ausgesprochen haben, ohne dass doch weder von der einen noch von der andern Seite sicher entscheidende Versuche zur Erörterung des fraglichen Punktes beschrieben worden wären. Dass die directe Verfolgung des Auflösungsprocesses eines

Knochenpräparats unter dem Mikroskop keinen Aufschluss darüber zu geben im Stande ist, ob sich die Wandungen der Höhlen selbst oder vielmehr eine derselben dicht anliegende zarte Membran schliesslich isolirt, versteht sich von selbst. Um so sicherer schien es mir auch hier wieder, an die Betrachtung solcher Knochen, deren Weichtheile mit Inbegriff der Knochenzellen möglichst gründlich zerstört worden waren, zu gehen. Ohne uns über die Gestalt, ja selbst über die blosse Existenz der Knochenzellen irgend ein Urtheil vorläufig zu erlauben, können wir mit Bestimmtheit sagen, dass, wenn an solchen Knochen noch die Isolirung der sternförmigen Körperchen zu Stande kommt, dies nur die Wandungen der Höhlen, aber nicht die Zellen im Innern derselben sein können. Ich hoffe, zeigen zu können, dass dies wirklich möglich ist.

Unter allen frühern Beobachtern ist Virchow der Einzige, der Untersuchungen in dieser Richtung angestellt hat. Wenigstens finde ich später von Niemand diesen Gesichtspunkt erwähnt. Virchow's Resultate waren negative; wie bereits oben erwähnt, konnte er, wenn er „trockene, macerirte" Knochen der Wirkung der Salzsäure aussetzte, „in der fast immer entstehenden blassen, leicht streifigen, gleichmässigen Masse keine besondern Körper" wahrnehmen. Diese negative Beobachtung in Vergleich zu den positiven Resultaten bei der gleichen Behandlung „frischer, feuchter Knochen" war für ihn denn auch offenbar ein Hauptmotiv, die isolirten Gebilde für die weichen Knochenzellen selbst zu halten. Wenn Virchow übrigens in seiner ersten oben citirten Mittheilung über diesen Gegenstand ausdrücklich erwähnt, dass das Präparat, aus dem er die Knochenkörperchen in so exquisiter Weise isolirte, trocken aufbewahrt worden wäre, was in einigem Widerspruch mit seinen spätern Erfahrungen zu stehen scheinen könnte, so ist wohl anzunehmen, dass Virchow, wenn er nicht etwa an eine hier stattgehabte pathologische Verkalkung der Zellmembranen dachte, von der Ansicht ausging, dass dieser „trocken aufbewahrte" Knochen keine oder wenigstens eine unvollständige Maceration erlitten hatte, vielmehr in frischem Zustande getrocknet worden war, wobei also die Zellen erhalten sein konnten. Ebenso spricht Vir-

chow offenbar von solchen frischgetrockneten Knochen in seinem spätern Aufsatz[1]), wo er sagt, dass „auch in trockenen Knochen, deren Knochenkörperchen leere und für Gas permeable Höhlungen und Kanälchen besitzen, die Isolirung geschehen kann".

Meine Beobachtungen haben mich nun aber in unzweideutiger Weise überzeugt, dass eine Isolirung der Knochenkörperchen und ihrer Kanälchen nicht nur, wie Virchow fand, an frischen feuchten und frischtrockenen Knochen, sondern auch an macerirten, trocknen Knochen sehr wohl gelingt. Ich werde auf die Ursachen, durch welche sich meiner Ansicht nach Virchow's negative Resultate erklären lassen, später zurückkommen und beschreibe zunächst meine eignen, positiven Resultate, in welchen die isolirten Gebilde nur als der die Knochenhöhlen zunächst begrenzende Theil der verkalkten Knochensubstanz d. h. als eigenartige Wände der Knochenhöhlen und Kanäle, nicht aber in Virchow's Sinne als Knochenzellen gedeutet werden können.

Meine Methode der Isolirung bestand meist darin, dass ich kleine Splitterchen der zu untersuchenden Knochen direct mit reichlich zugefügter Salpetersäure auf ein Objectivglas brachte und mit einem Deckgläschen bedeckte. Nach 12 bis 24 Stunden war die Auflösung so weit vorgeschritten, dass das Präparat unter dem Mikroskop sofort die zurückgebliebenen Knochenkörperchen erkennen liess. Ich untersuchte nun auf diese Art zunächst die verschiedenen Knochen alter Skelette. Die isolirten Knochenkörperchen mit ihren Ausläufern traten hier bald mehr bald weniger deutlich hervor, fast immer waren sie unverkennbar vorhanden, wenn sie allerdings auch nicht den starken Reflex zeigten, durch welchen die aus frischen Knochen isolirten Körperchen ausgezeichnet sind (eine Differenz im Aussehen, die sich durch die Einwirkung der Maceration auf die organische Grundlage selbst der verkalkten Knochensubstanz hinreichend erklärt). Vergleicht man ihre scharf gezeichneten, oft sehr zierlichen, feinen Fi-

[1]) Virchow, das normale Knochenwachsthum und die rhachitische Störung desselben, in desselben Archiv, V. p. 446.

guren mit der amorphen, meist von zersetztem Blutfarbestoff bräunlich gefärbten Masse, welche in den Haversischen Kanälen und den Markräumen aus den macerirten Weichtheilen entstanden war, so konnte schon hier kaum ein Zweifel sein, dass sie nicht den weichen Knochenzellen entsprachen, die offenbar, wie die übrigen Weichtheile, destruirt worden sein mussten, falls man denselben nicht eine ganz besondere Widerstandsfähigkeit zuschreiben wollte. Meinem Skepticismus genügte dies jedoch nicht, ich macerirte daher die Knochen noch nachträglich Monate lang in einem beständig lauwarm erhaltenen, mit faulenden Stoffen geschwängerten Wasser und wiederholte dann die Untersuchung, jedoch mit demselben Ergebniss: auch dadurch waren die isolirbaren Gebilde nicht zerstört. Ich beschloss, denselben durch chemische Agentien noch weiter zu Leibe zu gehen. Ich kochte die vorher macerirten Knochen noch nachträglich kurze Zeit in Kalilauge und liess erst dann auf Fragmente derselben die Salpetersäure einwirken. Die hiedurch gewonnenen Bilder waren besonders instructiv; ich konnte mich hier mit Bestimmtheit überzeugen, dass die in den Haversischen Gefässkanälen und in den Markräumen des Knochens gelegenen Theile völlig zerstört, verschwunden waren, so dass nur das eigentliche nackte Knochengewebe zurückblieb, aber auch hier liessen sich aus ihm die bekannten sternförmigen Gebilde, und zwar oft mit sehr schönen zahlreichen Ausläufern versehen und vermittelst derselben untereinander zusammenhängend isoliren, man müsste also, wollte man dieselben hiernach noch für die weichen Knochenzellen halten, dieses jedenfalls einer unsern Anschauungen von der chemischen Constitution einer lebensthätigen Zelle völlig widersprechenden Beschaffenheit vindiciren.

Ebenso ferner war aber auch die Behandlung der macerirten Knochen mit kochender Salzsäure, welcher ich dann in der obenbeschriebenen Weise Zusatz von Salpetersäure folgen liess, nicht im Stande, die angeblichen „zarten“ Knochenzellen zu vernichten; selbst bei einer Combination der Einwirkung der Salzsäure und der Kalilauge, in welche beide Flüssigkeiten Knochenstückchen nach einander einige Minuten bei Siedhitze gebracht wurden, hatte ich dasselbe Resultat.

In voller Uebereinstimmung hiermit, wenn auch anfäng-

lich für mich etwas überraschend, machte ich dann auch die Erfahrung, dass Nichts leichter ist, als aus den zu verschiedenen Drechsler- und Schnitzwaaren technisch verarbeiteten Knochen die prächtigsten sternförmigen Knochenkörperchen herzustellen. Mir glückte es wenigstens, aus den verschiedensten, mir zur Hand befindlichen Sachen der Art (Messerschalen, Briefstreicher, Bleifederknöpfchen etc.) zum Theil sehr schöne Präparate zu gewinnen. Die Operationen, denen diese Knochen vor ihrer Verarbeitung unterworfen werden, bestehen nun aber gleichfalls im Maceriren, Kochen in alkalischen Laugen oder Alaunlösungen und endlich im Bleichen am Sonnenlicht, machen also gewiss auf nichts weniger Ansprüche als auf eine Conservirung zarter zelliger Gebilde im Knochen.

Einen weitern und wie mir scheint sehr schlagenden Beweis für die Existenz isolirbarer verkalkter Wandungen der Knochenhöhlen lieferte mir die Untersuchung nekrotisch abgestossener Knochen bei pathologischen Fällen. Ich habe dieselben nämlich nicht nur bei frisch extrahirten, sondern auch bei später noch macerirten Sequestern in unzweifelhafter Weise nachweisen können, und doch kommen hier alle möglichen Einflüsse zusammen, um die wirklichen weichen Knochenzellen zu vernichten: 1) das Aufhören der vitalen Thätigkeit im Gewebe schon längere Zeit vor erfolgter Exfoliation, ein Umstand, der nach der Analogie anderer nekrosirender Gewebe zu schliessen, wahrscheinlich an sich schon den Untergang der Zellen herbeizuführen im Stande ist, 2) die später bis zur Abstossung stattgehabte continuirliche Maceration im eitrigen oder jauchigen Exsudat und 3) die später künstlich angestellte faulige Maceration.

Ich glaube kaum, dass ich zum Beweise des oben aufgestellten Satzes noch etwas hinzuzufügen nöthig habe; isolirbare verkalkte Wandungen der Knochenhöhlen und Kanälchen kommen entschieden vor, es fragt sich aber nun noch, kommen sie constant vor oder unter welchen Umständen fehlen sie?

Ich richtete mein Augenmerk besonders darauf, ob diese Wandungen bereits bei kindlichen, im Wachsthum begriffenen Knochen aufzufinden waren oder ob sie etwa erst im spätern

Alter auftreten? Wie ich es nach dem an den Zähnen Beobachteten erwartet hatte, zeigte sich, dass Ersteres der Fall war; schon an den Knochen neugeborner Kinder gelingt die Isolirung oft sehr schön und auch bei unreif gebornen Früchten bestätigte sich mir dasselbe. Nachdem ich mich hiervon überzeugt, bemühte ich mich zu erforschen, ob die Existenz dieser isolirbaren Wandungen in dem aus Periost, resp. Knorpel neugebildeten Knochengewebe sofort bei dessen erstem Auftreten zu constatiren ist. Ich unterwarf zu dem Zwecke verschiedene Knochen von neugebornen Kindern (Rippe, Femur Unterkiefer) der Maceration und fertigte dann Präparate aus den jüngst gebildeten, die Oberfläche bildenden Knochenpartheien an. Aber auch hier war an einem positiven Resultat nicht zu zweifeln und ich stehe daher nicht an, die isolirbaren verkalkten Wandungen der Knochenhöhlen und Kanälchen als einen gleichzeitig mit der Bildung derselben entstehenden integrirenden Bestandtheil der Knochensubstanz zu betrachten.

Ich muss nun allerdings hinzufügen, dass ich nicht durchweg mit macerirten Knochen in allen Fällen zum Ziele kam; hier ist aber zu bedenken, dass die Methode der Maceration, so zuverlässige Schlüsse sich aus ihr bei positivem Erfolge der Isolirung ziehen lassen, keineswegs durch das Fehlschlagen derselben mit Sicherheit den Mangel der isolirbaren Wandungen erweisen kann, denn es ist ja natürlich, dass eine zu lange consequent fortgesetzte Maceration auch die organische Grundlage der verkalkten Knochenmasse und damit auch die Wandungen der Knochenhöhlen zerstören oder wenigstens so weit verändern muss, dass sie der lösenden Einwirkung der Säuren nicht mehr zu widerstehen vermögen. So muss ich bemerken, dass ich auch mehrmals bei Knochen, die an freier Luft lange Zeit gelegen hatten, und von der Feuchtigkeit des Erdbodens durchtränkt worden waren, so dass ihre organische Substanz bereits mehr oder weniger vollständig verwittert war, vergeblich deutlich erkennbare Knochenhöhlenwände zu isoliren mich bemühte, wenn auch einige Male wirklich Gebilde im Gesichtsfelde des Mikroskops auftauchten, die kaum anders zu deuten waren, da sie wenigstens in rudimentärer Form die Umrisse der Knochenhöhlen nachahmten.

Bei Knochen, die nicht derartigen, völlig destruirenden Einflüssen ausgesetzt waren, bin ich fast regelmässig zum Ziel gekommen; nur einige wenige Ausnahmen, die ich mir nicht weiter erklären kann, abgerechnet, wo ich den Mangel eigner isolirbarer Wandungen daher zugestehe. In einigen Fällen übrigens konnte ich auch bestimmt wahrnehmen, dass nicht die vollständige geschlossene Wandung der Höhlen, sondern nur ein Theil des Umfangs derselben sich isolirte; es stellte sich dies nämlich in der Weise dar, dass an ganz feinen von macerirten entkalkten Knochen bereiteten Schnitten nicht, wie gewöhnlich, bei Einwirkung der Salpetersäure ein ringförmig geschlossener glänzender Saum mit den Knochenkanälchen entsprechenden strahlenförmigen Ausläufern an der Peripherie der Knochenhöhlen entstand, sondern dass dieser Saum nur ein mehr oder weniger grosses Segment des Ringes darstellte, von dem nur einige wenige Strahlen ausliefen.

Was nun Virchow's abweichende Resultate betrifft, so dürften sich dieselben wohl zum Theil wenigstens daraus ableiten lassen, dass er sich der Salzsäure bediente, die zu dem Zwecke der Isolirung entschieden der später, namentlich von Foerster empfohlenen und auch, wie gesagt, von mir benutzten Salpetersäure nachzustehen scheint.[1]) Virchow konnte ferner vielleicht zufällig an Knochen untersucht haben, bei denen durch energische Maceration bereits eine Destruction der Knochenhöhlenwandungen stattgefunden hatte, endlich bleibt die Möglichkeit, dass die von ihm mit negativem Erfolg geprüften Knochen zu den erwähnten seltenen Ausnahmen gehörten, wo eine eigene isolirbare verkalkte Wandung der Knochenhöhle wirklich zu fehlen scheint.

Noch muss ich bemerken, dass sich mir in Betreff der den Zahnwurzeln aufgelagerten Knochensubstanz, dem sogenannten Cement, die vollste Uebereinstimmung mit andern Knochen in Bezug auf die in Rede stehenden Verhältnisse ergeben hat; auch hier existirt der Regel nach eine eigene, isolirbare, verkalkte Wandung der Knochenhöhlen. Nur das Cement der Pferdezähne bietet insofern eine Abweichung, als

[1]) Ich erwähne jedoch, dass ich mehrmals auch mit der concentrirten Salzsäure einen vollständigen Erfolg erzielte.

nicht bloss die die Höhlen zunächst begrenzende Schicht der Einwirkung der Säure widersteht, sondern auch die in weiterm Umfange dieselben einschliessende Substanz, so dass anfänglich wenigstens nicht die zackigen Contouren der Höhlen, sondern vielmehr grössere runde Körperchen, in deren Centrum die Höhlen sind, sich isoliren. Zuletzt bleibt jedoch auch hier nur die eigentliche Wand, die Grenzschicht der ursprünglichen verkalkten Knochensubstanz zurück. Dieses eigenthümliche Verhalten des Pferdecements ist übrigens bekanntlich bereits von Kölliker in seiner mikroskopischen Anatomie[1]) beschrieben und auch in der angegebenen Weise gedeutet worden. Später hat Kölliker[2]) freilich in Consequenz seiner veränderten Ansicht von den aus andern Knochen isolirbaren Gebilden, auch hier die innerste, die Höhle zunächst umgebende Schicht der isolirten Körperchen für die Membran der weichen Cementzellen und nur die äussern umgebenden Schichten als der verkalkten Cementsubstanz angehörig erklärt. Ich kann jedoch, wie gesagt, nach meinen Untersuchungen macerirter Zähne damit nicht übereinstimmen.

Schlüsslich will ich noch eine beiläufig von mir gemachte Beobachtung anführen, die mir nicht ohne Interesse zu sein scheint. Kölliker hat ebenfalls bereits in seiner mikroskopischen Anatomie[3]) angegeben, dass sich aus dem Cement der Pferdezähne durch Behandlung mit Salzsäure auch die Haversischen Kanäle mit besondern Wandungen isoliren lassen. Ich habe diese Beobachtung nicht nur bei dem Cement gemacht, sondern bei den verschiedensten, von mir untersuchten menschlichen und einigen thierischen Knochen, und halte ich daher das Vorkommen eigener isolirbarer, die Haversischen Kanäle umgebender Scheiden, wenn auch nicht für eine constante, so doch für eine sehr gewöhnliche Erscheinung. Vor einer Verwechslung dieser Scheiden, die ebenso wie die Knochenhöhlenwände der verkalkten Knochensubstanz angehören, mit der eingeschlossenen Gefässwand selbst, schützte ich mich

[1]) Kölliker, Mikroskop. Anatomie II. 2. p. 82.

[2]) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 2. Auflage. p. 400. 4. Aufl. p. 405.

[3]) Derselbe, Mikr. Anat. II. 2. p. 83.

wieder vor Allem durch die Untersuchung macerirter Knochen; übrigens wird eine derartige Täuschung schon durch die homogene, glashautartige Beschaffenheit der isolirten Scheiden verhütet.

II.

In den Knochenhöhlen sind die weichen Knochenzellen enthalten; ob sich für gewöhnlich in die Knochenkanäle Fortsätze dieser Zellen erstrecken, ist zweifelhaft.

Sehen wir zunächst von der Beschaffenheit der in den Knochenhöhlen gelegenen zelligen Elemente ab, so bedarf die Existenz derselben gegenwärtig kaum mehr eines Beweises. Seitdem Donders zuerst bestimmt für dieselbe sich aussprach, haben wohl fast alle Beobachter sich von der Richtigkeit dieser Angabe überzeugt, und es ist mir beinahe unbegreiflich, dass selbst noch in neuerer Zeit ein so geübter Histologe, wie Robin, die Knochenhöhlen wirklich für leere Räume halten konnte. Man kann allerdings wohl zugeben, dass die Knochenzellen bisweilen, vielleicht sogar häufiger als man gegenwärtig im Allgemeinen sich vorstellt, verkümmern oder wohl auch gar zu Grunde gehen, wenn das Wachsthum des Knochens beendet ist. Daran aber, dass das Vorkommen der Zellen Regel ist, kann füglich kein Zweifel sein; am leichtesten, scheint es mir, überzeugt man sich davon, wenn man von frischen, entkalkten Knochen feine Schnitte macht und dieselben nach der bekannten Gerlach'schen Methode mit carminsaurem Ammoniak behandelt; die Zellen des Knochens treten dann durch ihre rothe Färbung ebenso deutlich hervor, wie die des etwa anhängenden Periost's oder Knorpels. Zugleich erkennt man auf diese Weise leicht, zumal wenn man die Ossificationsgrenzen junger, in der Entwicklung begriffener Knochen benutzt, dass es wirklich Zellenkörper und nicht etwa, wie früher mehrfach angenommen wurde, bloss Kerne sind, die die Knochenhöhlen erfüllen.

Dagegen muss ich in Betreff der Knochenzellen, ebenso wie bei den das Zahnbein bildenden Elfenbeinzellen, es wieder unentschieden lassen, ob sie eine wirkliche, umhüllende Membran besitzen oder nicht. Der Mangel einer solchen wird, wie oben citirt, von Beale behauptet, während die meisten andern Autoren, wie mir scheint, die Existenz derselben als selbstverständlich betrachten.

Die wichtigste, wenigstens die am meisten ventilirte Frage betrifft jedoch die Form der Knochenzellen, und zwar dreht sich, wie aus der historischen Einleitung hervorgeht, der Streit hier hauptsächlich darum, ob sich in die Knochenkanälchen Zellenfortsätze hinein erstrecken oder nicht. Wir sahen, dass Virchow, Kölliker, Foerster u. A. annehmen, dass das ganze aus Knochenhöhlen und Kanälen bestehende Lacunensystem im Knochen vollständig von den mit ihren Ausläufern untereinander zusammenhängenden Zellen ausgefüllt wird, die Knochenzellen würden also danach vor andern Zellen durch eine ungewöhnlich reiche peripherische Ausstrahlung ausgezeichnet sein; Henle, Aeby, Beale erkennen dagegen nur die in den Höhlen selbst gelegenen Zellkörper an und geben höchstens das jeweilige Vorkommen kurzer, von ihnen ausgehender, nur in den Anfang der Kanälchen hineinragender, selten oder gar nicht anastomosirender Zacken zu.

Was meinen Standpunkt in dieser Frage betrifft, so will ich nicht geradezu die Existenz der von den erstgenannten Forschern angenommenen Ausläufer in Abrede stellen, halte sie aber für unwahrscheinlich und ich werde zu beweisen suchen, dass die Beobachtungen, auf welche man bisher diese Annahme gestützt hat, nicht ausreichend sind.

Man hat diese Beobachtungen theils dem fertigen, normalen, theils dem sich entwickelnden Knochengewebe entnommen und sich wohl auch drittens auf gewisse, unter pathologischen Verhältnissen auftretende Bildungen berufen. Ich werde der Reihe nach die hierher gehörigen Thatsachen einer Erörterung unterwerfen.

Was zunächst das fertige, normale Knochengewebe betrifft, so brauche ich nicht zu erwähnen, dass bisher wohl noch kein Beobachter behauptet hat, die fraglichen, in den Knochenkanälchen enthaltenen Ausläufer, sei es an Knochen-

schliffen, sei es an feinen Knochenknorpelschnitten, ohne weitere Behandlung mit Reagentien in situ gesehen zu haben; die Beobachtungen reduciren sich also auf die behauptete isolirte Darstellung der Zellen und ihrer Ausläufer durch Auflösung der sie einschliessenden Knochensubstanz. Es ist nun aber klar, dass diese Beobachtungen durch den von mir im vorigen Abschnitt bestimmt geführten Nachweis eigner isolirbarer verkalkter Wandungen der Knochenhöhle und Kanäle im höchsten Grade zweideutig werden, indem nämlich nunmehr mit vollster Berechtigung die auch schon sonst aufgeworfene Frage hervortritt, ob das, was die genannten Forscher isolirten, wirklich, wie sie meinten, die weichen Knochenzellen selbst waren oder nicht vielmehr die Höhlenwände? An sich ist die Möglichkeit, dass nach Zerstörung verkalkter Knochensubstanz mit sammt den Knochenhöhlenwänden auch die Knochenzellen selbst isolirt werden können, gewiss nicht zu bestreiten. Wir werden daher untersuchen müssen, ob das Verfahren, dessen sich die Vertreter der hier bekämpften Ansicht bedienten, um ihre Zellen zu isoliren, der Art sind, dass eine Zerstörung der wie wir oben gefunden haben, so sehr resistenten verkalkten Wandungen der Höhlen durch dieselben anzunehmen ist; ich glaube in dieser Beziehung ohne nähere Begründung den Satz aufstellen zu können, dass alle diejenigen Behandlungsweisen, die zur Isolirung der Höhlenwandungen geeignet sind, zur Isolirung der Knochenzellen ungeeignet sind und jedenfalls aus den durch dieselben gewonnenen Resultaten in Bezug auf die Beschaffenheit der Zellen nichts gefolgert werden darf.

Vergleicht man nun die Behandlungsweisen, unter deren Anwendung es mir, wie oben erwähnt, gelang, aus macerirten Knochen die Höhlenwandungen darzustellen, mit den Methoden, welche von Andern benutzt worden, um die vermeintlichen Zellen aus frischen Knochen zu isoliren, so zeigt sich sofort ihre Uebereinstimmung. Säuren, Alkalien und Siedhitze sind die Hauptmittel, es treten nur einige kleine Verschiedenheiten in Betreff der Wahl der Säuren und der Art der Combination der genannten Reagentien hervor. Ich schliesse also, dass sie sämmtlich zur Isolirung der Zellen bei frischen Knochen nicht

zuverlässig sind und also auch über die Beschaffenheit dieser nach ihnen nicht geurtheilt werden kann.

Ich kann nun meinerseits ebenfalls keine Methode anführen, durch welche nicht bloss die übrige Knochensubstanz sondern auch die Knochenhöhlenwände vernichtet werden, so dass die Zellen allein übrig bleiben. Bei der grossen Resistenz der Wände möchte es aber wohl auch nicht wahrscheinlich sein, dass nach ihrer Zerstörung die in ihnen enthaltenen Zellen in ihrer natürlicher Gestalt zu Tage treten und ich gestehe daher bereitwillig zu, dass die negativen Resultate, welche von den Gegnern der sternförmigen anastomosirenden Knochenzellen bei ihren Isolirungsversuchen erhalten wurden, keineswegs zu dem Schluss berechtigten, dass dieselben wirklich nicht existiren. Unter allen bisherigen Forschern ist übrigens Rouget der Einzige, der in exacter Weise die Isolirung der Knochenwände und die Isolirung der Knochenzellen selbst unterscheidend einen Weg für Beides bezeichnet; derselbe giebt, wie angeführt, an, dass Behandlung der Knochenknorpel mit Salpetersäure allein die Wände, mit Salpetersäure und erwärmter Kali- oder Natronlauge nach einander die Zellen isolirt. Rouget kam durch diese combinirte Behandlung zu dem Resultat, dass die Zellen fortsatzlos seien, ich selbst habe auf diese Weise zwar sternförmige, anastomosirende Gebilde darstellen können, die ich jedoch auch hier wieder für die erhaltenen Wände der Höhlen halten muss, da ich an macerirten Knochen denselben Erfolg sah. Es bleibt also nach Allem nicht zweifelhaft, dass bisher die Existenz sternförmiger, anastomosirender Knochenzellen auf dem Wege der Isolirung nicht sichergestellt ist.

Wenn man nun ferner diese Annahme auf die Beobachtungen der Entwicklungsgeschichte des Knochengewebes zu basiren gesucht hat, so bleiben dagegen zweierlei Bedenken zu erheben:

1) Wenn es sich wirklich herausstellte, dass an den Ossificationsgrenzen die Bildungszellen des Knochengewebes sich in der Form darstellen, wie sie für die Zellen des fertigen Knochengewebes postulirt wird, so bliebe immer noch zu beweisen, dass diese Form sich auch später erhält, dass nicht etwa die Fortsätze, mittelst deren die Zellen zusammenhingen,

später zu Grunde gehen. Dieser Beweis liesse sich aber nur in der Weise führen, dass wir die Zellen in dieser Form an fertigem Knochengewebe unzweifelhaft darstellten, was, wie wir gesehen haben, bisher nicht geschehen ist.

2) aber, und darauf ist wohl der Hauptwerth zu legen, geht aus den sehr exacten Beschreibungen und den bildlichen Darstellungen des Ossificationsprocesses, wie sie von Virchow selbst und den Anhängern seiner Lehre von den Knochenzellen gegeben worden sind, hervor, dass Zellen, die in Bezug auf die Entwicklung ihrer Fortsätze der Gestalt der mit so äusserst zahlreichen (nach Beale's Schätzung circa 40 bis 50) radienartig ausstrahlenden Kanälchen zusammenhängenden Knochenhöhlen entsprechen, von Niemand gesehen worden sind; ja man findet sogar, dass meistens nur von ganz kurzen sichtbaren Zellenfortsätzen gesprochen wird, wodurch der Zellenkörper ein „zackiges" Aussehen bekommt. Beale[1]) drückt sich darüber in demselben Sinne folgender Maassen aus: „die wärmsten Vertheidiger dieser Theorie sind nur im Stande gewesen, eine äusserst matte Andeutung der Anordnung zu geben, von der sie glauben, dass sie wirklich existire. Ihre Zeichnungen zeigen diese Fortsätze eine kurze Strecke von den Zellen ausgehend und ich glaube, nicht Einer behauptet, je die Fortsätze zweier benachbarter Zellen im Process der Communication mit einander gesehen zu haben, wie es bei den fertigen Knochenkanälchen wirklich der Fall ist". Zur nähern Begründung dessen sei es mir erlaubt, einige Citate hier beizufügen.

Bei der Beschreibung der Entstehung der Knochenzellen aus Knorpelzellen bei der Rhachitis sagt Virchow in seinem schon mehrmals citirten Aufsatz „über das normale Knochenwachsthum und die rhachitische Störung desselben"[2]: „Im Innern (der Knorpelkapsel) ist es sehr schwer zu sehen, was mit der Knorpelzelle vor sich geht. Gewöhnlich erscheint die Höhle körnig, so dass man ihre Beschaffenheit nicht zu übersehen vermag und nur nach Behandlung mit concentrirter Salzsäure konnte ich zuweilen einen Kern, mehrere neben ihm

[1]) Beale, l. c. p. 136.
[2]) Virchow, Archiv V. p. 432.

gelegene Fettkörnchen und eine granulöse feine Substanz erkennen, von der ich aber nie mit Gewissheit Verlängerungen in die Porenkanäle zu verfolgen im Stande war.“ Ganz ebenso Kölliker[1]) neuerdings: „da die Knorpelzelle an ganz frischen Stücken die Höhlung der Knorpelkapsel genau ausfüllt, so wird sie wohl schon von Anfang an durch zarte Fortsätze in die Porenkanälchen der verdickten Kapsel hineinragen, doch ist es mir noch nicht gelungen, dieselben in der frühen Zeit als sternförmiges Gebilde zur Anschauung zu bringen, während dies in der spätern durch Erweichen in Salzsäure leicht gelingt.“ Die Zweideutigkeit letzterer Reaction ist oben bewiesen worden. Die Bildung der Knochenzellen aus Markzellen schildert H. Müller[2]) so, dass erstere zuerst zackig werden, dass dann auch nicht selten Fortsätze der Zellen in die Kanälchen der Grundsubstanz sehr deutlich sind, er spricht aber nicht davon, dass er Zellen durch diese Ausläufer anastomosiren gesehen hat, sondern setzt hinzu, dass die beträchtliche Länge der Knochenkanäle und namentlich ihre Anastomosen mit denen benachbarter Höhlen nicht wohl die Annahme zulassen, dass sie völlig in dieser Form bereits in die Grundsubstanz bei Bildung derselben eingeschlossen worden seien, wie es natürlich der Fall sein müsste, wenn ihnen entsprechende Zellen bereits von Anfang vorhanden wären. Was endlich die periostale Knochenbildung betrifft, so lautet Virchow's Beschreibung derselben im oben angeführten Aufsatz[3]): „Die kleinen Zellen (die Periostkörperchen) werden eckiger, geräumiger und sternförmig, sie fangen an, kleine Ausläufer und Fortsätze zu bekommen“; an der zur Erläuterung beigefügten Abbildung[4]) erkennt man jedoch, wie weit trotz dieser beschriebenen Gestaltveränderung der Zellen dieselben immer noch von der Gestalt der Knochenhöhlen mit ihren Kanälchen verschieden sind. Dieselbe Schilderung finden wir auch in Kölliker's Gewebelehre. —

[1]) Kölliker, Gewebelehre. 4. Aufl. p. 260.
[2]) l. c. p. 166.
[3]) p. 443.
[4]) Tab. IV. Fig.

Aus dem Angeführten sehen wir also, dass selbst diejenigen Autoren, die für den fertigen Knochen die Anwesenheit eines die Knochenhöhlen und Kanäle völlig erfüllenden Zellensystems annehmen, sich nicht überzeugen konnten, dass diese Zellen bei der Bildung des Knochens bereits vorhanden sind und sie haben sich daher auch immer genöthigt gesehen, auf die Vorstellung zurückzugehen, dass die Zellen, nachdem sie bereits von der verkalkten Knochensubstanz eingeschlossen worden, noch nachträglich in Fortsätze auswachsen und sich mit einander in Verbindung setzen, dass dieser Vollendungsprocess der Knochenzelle sich aber eben wegen der einschliessenden Grundsubstanz der Beobachtung entzieht. Diese Vorstellung würde gewiss auch vollständig berechtigt sein, wenn die Existenz der sternförmigen anastomosirenden Zellen im fertigen Knochengewebe erwiesen wäre; so lange das nicht der Fall ist, liegt eine Nöthigung zu ihr nicht vor.

Fragen wir nun weiter, ob sich für die Existenz sternförmiger anastomosirender Knochenzellen aus der pathologischen Histologie Beobachtungen anführen lassen, so ist hier gewiss eine grosse Vorsicht in der Schlussfolgerung geboten. Mir ist keine bekannt, die nicht mehr oder weniger Bedenken zuliesse. Was zunächst die Vorgänge bei der pathologischen Knochenbildung betrifft, so schliessen sich dieselben anerkannter Maassen vollständig an das Paradigma des normalen Knochenwachsthums an, so dass aus ihrer Beobachtung sich auch keine weitern Schlüsse auf die Structur des Knochengewebes gewinnen lassen. Die knorplig osteoiden Bildungen ferner, die wir bei der Rhachitis in Folge zögernder Kalkablagerung in das neugebildete Knochengewebe, bei der Osteomalacie durch eine pathologische Auflösung der Kalksalze in früher verkalkter Knochensubstanz zu Stande kommen sehen, zeigen die Beschaffenheit der zelligen Elemente nicht deutlicher als ein künstlich durch Säurezusatz entkalkter Knochen, wie Virchow's und Foerster's Abbildungen hinlänglich beweisen. Ebenso finde ich nirgends eine Angabe darüber, dass bei Entzündungen oder Neubildungsprocessen im Knochengewebe die sternförmige Gestalt der Knochenzellen deutlich hervortritt. Nur eine Beobachtung Foerster's bei einem Fall von Caries eines Fusswurzelknochens liesse sich

hier vielleicht anführen, die er in seinem Atlas der pathologischen Anatomie[1]) durch eine Abbildung illustrirt hat. Seine Beschreibung lautet: „In einer hornartig harten, trüben, aber ganz kalkfreien Grundsubstanz sah man ziemlich dicht neben einander grosse Zellen mit zahlreichen endogenen Zellen und vielen Ausläufern, welche hie und da sehr dick waren und von einer Stelle zur andern verfolgt werden konnten, an einzelnen Zellen aber offenbar kurz waren und bald mit stumpfer Spitze endigten, wobei noch die regelmässige Anordnung solcher Ausläufer sehr auffällig und merkwürdig war". Abgesehen davon jedoch, dass Foerster selbst angiebt, sonst nichts Aehnliches gesehen zu haben, so steht diese Beobachtung sicher nicht in Widerspruch mit der Annahme, dass die normalen Knochenzellen keine oder wenigstens wenige entwickelte Fortsätze haben, so dass möglicher Weise nicht nur die Anwesenheit endogener Zellen in der Mutterzelle, sondern auch die Form dieser letztern eine durchaus pathologische war. — Was endlich das Vorkommen eines sogenannten osteoiden Knorpelgewebes, mit sternförmigen, anastomosirenden Zellen, die in der That die Gestalt der Knochenhöhlen und Kanälchen täuschend ähnlich nachahmen, in manchen Enchondromen betrifft, ein Vorkommen, auf welches anfänglich Virchow und nach seinem Vorgange Lachmann, wie wir oben angeführt, einiges Gewicht legten, um daraus die Existenz ähnlicher Zellen in wirklichen Knochen wahrscheinlich zu machen, so wäre hiermit in der That ein wichtiges Argument gewonnen, wenn sich nachweisen liesse, dass ein derartiges Knorpelgewebe durch Kalkablagerung direct in echtes Knochengewebe überginge. Mir ist eine Beobachtung dieses Vorganges nicht bekannt und ich möchte nur anführen, ohne mir jedoch ein Urtheil über die Richtigkeit dieser Angabe erlauben zu wollen, dass Bruch[2]) hervorgehoben hat, dass bei den Plagiostomen, wo ein Knorpelgewebe mit verzweigten, anastomosirenden Zellen sehr verbreitet ist, gerade diese Knorpel nicht verknöchern, dass

[1]) Foerster, Atlas. Taf. XXXIV. Fig. 4.

[2]) Bruch, Ueber Bindegewebe. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. VI. p. 203.

vielmehr der wirklich verknöchernde Knorpel der Knorpelfische sich nicht anders verhält, als bei den Wirbelthieren überhaupt.

So sind wir also vorläufig, wie mir scheint, weder durch die Untersuchung des ausgebildeten, normalen Knochengewebes noch durch die Verfolgung des Bildungsprocesses desselben, noch endlich durch die Beobachtung der pathologischen Gewebsalterationen der Knochen in den Stand gesetzt, die Existenz sternförmiger, anastomosirender Zellen zu erweisen, zum mindesten nicht in der entwickelten Form, deren Bild uns die Knochenhöhlen mit den von ihnen ausstrahlenden Knochenkanälchen geben. Wenn damit nun auch nicht bewiesen ist, dass sie nicht existiren, so dürfte dies doch wenigstens wahrscheinlich sein.

III.

Die isolirbaren, verkalkten Wandungen der Knochenhöhlen und Knochenkanäle sind nicht die mit der Grundsubstanz verschmolzenen und verkalkten Membranen der Knochenzellen, sondern verdichtete Theile der Grundsubstanz selbst, zu den Knochenzellen gehörige Kapselbildungen.

Es bleibt uns noch übrig, die Bedeutung der von uns nachgewiesenen, isolirbaren, verkalkten Wandungen der Knochenhöhlen und Kanäle festzustellen. Es kann sich hier füglich nur um die Alternative handeln, ob dieselbe als die mit der knöchernen Zwischensubstanz verschmolzene und mit ihr gemeinsam verkalkte Membran der im Innern der Knochenhöhlen enthaltenen Zellen oder vielmehr als eine Art Zellkapsel, als ein zu gewisser Selbständigkeit gelangter Theil der Grundsubstanz selbst zu betrachten ist. Am einfachsten würde die Entscheidung sein, wenn wir im Stande wären, die Existenz einer eigenen Membran als Hülle der weichen Knochenzellen nachzuweisen, dann würde natürlich die Knochenhöhlenwand als eine neben der Membran bestehende Bildung,

d. h. als Kapsel aufzufassen sein. Wir haben oben jedoch darauf verzichtet, die Frage nach einer membranösen Umhüllung des zelligen Knochenhöhleninhalts zu entscheiden. Wir müssen daher auf anderm Wege in Betreff der Höhlenwand zum Ziele zu kommen suchen. Wenn ich mich nun entschieden für die Kapselnatur derselben ausspreche, so führe ich dafür folgende 3 Argumente an:

1) Vergleicht man an Präparaten, welche den Ossificationsrand eines Knorpels oder des Periostes darstellen, die Bildungszellen des Knochengewebes, also die Elemente des osteogenen Gewebes (H. Müller) resp. der Wucherungsschichten des Periostes vor und nach ihrer Einschliessung in die sklerosirende verkalkende Grundsubstanz in Hinsicht auf die Beschaffenheit und Schärfe ihrer Contouren, so findet man keinen Unterschied und man kommt so zu dem Schluss, dass entweder beide membranlos sind oder beide eine Membran haben. Daraus würde aber folgen, dass die Zellen des jungen Knochengewebes entweder von vorn herein keine Membran haben oder dass sie dieselbe auch noch zu einer Zeit, wo, wie wir oben sahen, sich bereits eine isolirbare, verkalkte Wand der Knochenhöhlen nachweisen lässt, besitzen. In beiden Fällen kann also letztere nicht als die Membran betrachtet werden.

2) Wir haben gesehen, dass bis jetzt als Inhalt der Knochenhöhlen und Kanäle sich sternförmige, anastomosirende Zellenkörper weder bei ausgebildetem noch bei in der Entwicklung begriffenem Knochengewebe haben nachweisen lassen. Wenn aber die verkalkten, isolirbaren Wände den Zellenmembranen entsprächen, so müsste wenigstens zu einer Zeit, wo die Verschmelzung und Verkalkung der Membran noch nicht stattgefunden hätte, allerdings ein entsprechendes Zellensystem als Inhalt der Höhlen und Kanäle aufgefunden werden können. Alles also, was gegen die Existenz sternförmiger anastomosirender Zellen als Inhalt spricht, spricht gleichzeitig gegen die Auffassung der Höhlenwand als Zellmembran.

3) Der dritte und wohl der entschiedenste Grund gegen diese Auffassung lässt sich der Analogie des Zahnbeingewebes entnehmen. Dass die isolirbaren, verkalkten Wandungen der Zahnröhren nicht als die Membranen der Zellenfortsätze gedeutet werden dürfen, lässt sich, wie wir oben sahen, mit

grösster Bestimmtheit erweisen, die Verwandschaft des Zahnbein- und Knochengewebes würde daher schon allein den Schluss rechtfertigen, dass bei letzterem dasselbe Verhältniss stattfindet; dieser Schluss gewinnt aber noch bedeutend an Sicherheit durch den Umstand, dass sich an den Zahnwurzeln eine wirkliche Continuität beider Gewebe vorfindet, der Art, dass, wie von den zuverlässigsten Gewährsmännern, wie Kölliker[1]), Tomes[2]) u. A. bestätigt wird, und wie ich mich auch an mehreren Präparaten überzeugt habe, die Knochenhöhlen des Cements direct mit Zahnkanälchen zusammenhängen. Wollten wir hier nun die Wand der letzteren als Kapselbildung, die Wand der erstern als Zellmembran gelten lassen, so kämen wir in die Lage, eine Verschmelzung zweier, ganz heterogener Gewebstheile, wie dafür gewiss kein anderes Beispiel vorliegt, annehmen zu müssen, während jede Schwierigkeit fortfällt, wenn wir die Knochenhöhlenwand ebenso wie die Zahnröhrenwand als Kapsel auffassen.

Ich möchte ferner zum Beweise für letztere Ansicht auch noch an die oben erwähnte Thatsache erinnern, dass bisweilen nämlich nicht die vollständige Wand der Knochenhöhlen, sondern vielmehr nur ein Theil derselben sich isoliren lässt. Eine nur theilweise gebildete, nicht geschlossene Zellmembran ist aber gewiss viel weniger denkbar als eine unvollständige Kapselbildung um eine Zelle.

Auch hier kommen wir also schlüsslich zur schönsten Analogie des Knochengewebes mit dem Knorpel. Knochenzelle und Knorpelzelle, Knochenkapsel und Knorpelkapsel sind histologisch gleichwerthig.

Es schliesst sich hier sehr natürlich eine Frage an, deren Beantwortung weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben muss. Wir kennen gegenwärtig, namentlich durch Virchow's Arbeiten, die nahe Beziehung, die zwischen Knorpel-, Knochen- und Bindegewebe in so vielen wesentlichen Punkten statt-

[1]) Kölliker, Handbuch der Gewebelehre, 4. Aufl. Fig. 212.

[2]) Tomes, System der Zahnheilkunde, aus dem Engl. von Nedden. p. 401.

findet, und die uns berechtigt, die genannten Gewebe in die Gruppe der sogen. „Bindesubstanzen“ zusammenzufassen. Vom Knorpelgewebe war es nun schon lange bekannt, dass seine Zellen secundäre Membranen, sogen. Kapseln erzeugen; wir haben im Obigen dieselbe Eigenthümlichkeit den Zellen des Knochengewebes (und des Zahnbeins) zuschreiben müssen. Sollten nun nicht ähnliche Verhältnisse auch beim Bindegewebe vorkommen?

Nachdem wir gesehen haben, dass durch eine chemische Auflösung der Grundsubstanz eine Isolirung der Knochenkapseln (resp. Zahnscheiden) mit den von ihnen eingeschlossenen Zellen (resp. Zellenfortsätzen) mindestens viel leichter gelingt als die Isolirung der blossen Zellen für sich — und dasselbe ist, wie ich mich überzeugt habe, beim Knorpel der Fall — so dürfte es, scheint mir, namentlich einer Prüfung werth sein, ob nicht vielleicht unter Umständen auch das, was sich aus dem Bindegewebe mittelst Behandlung mit Säuren oder andern, die Intercellularsubstanz zerstörenden Mitteln isoliren lässt, etwa vorhandenen Bindegewebskapseln, die die eigentlichen Zellen in sich einschliessen, entspricht, nicht aber, wie gewöhnlich schlechthin vorausgesetzt wird, diesen Zellen selbst.

Königsberg im Mai 1863.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.